

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1907

THÈSE

N^o

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue le Mercredi 17 Juillet 1907

devant la Faculté de Médecine de l'Université de Paris

PAR

G. CLOITRE

Président : M. H. ROGER, Professeur

Juges { M. LANDOUZY, Professeur.
MM. Marcel LABBÉ, MACAIGNE, agrégés.

*Le Candidat répondra en outre aux questions qui lui seront faites
sur les diverses parties de l'enseignement médical*

PARIS

IMPRIMERIE TYPOGRAPHIQUE R. OGÈR

158, Faubourg Saint-Martin

1907

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Doyen	M. DEBOVE.
Professeurs	MM.
Anatomie.	N.
Physiologie	CH. RICHET.
Physique médicale	GARIEL.
Chimie organique et chimie générale	GAUTIER.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BLANCHARD.
Pathologie et thérapeutique générales.	BOUCHARD.
Pathologie médicale	{ HUTINEL.
Pathologie chirurgicale	{ BRISSAUD.
Anatomie pathologique.	LANNELONGUE.
Histologie	CORNIL.
Opérations et appareils	N.
Pharmacologie et matière médicale.	SEGOND.
Thérapeutique	POUCHET.
Hygiène	GILBERT.
Médecine légale	CHANTEMESSE.
Histoire de la médecine et de la chirurgie.	THOINOT.
Pathologie expérimentale et comparée	DEJERINE.
	ROGER.
Clinique médicale	{ HAYEM.
	{ DIEULAFOY.
	{ DEBOVE.
	{ LANDOUZY.
	{ GRANCHER.
Maladies des enfants.	JOFFROY.
Clinique de pathologie mentale et des maladies de l'encéphale.	GAUCHER.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.	RAYMOND.
Clinique des maladies du système nerveux	LE DENTU.
Clinique chirurgicale.	{ TERRIER.
	{ BERGER.
	{ RECLUS.
Clinique ophthalmologique	De LAPERSONNE.
Clinique des maladies des voies urinaires.	ALBARRAN.
Clinique d'accouchements	{ N.
	{ PINARD.
Clinique gynécologique	POZZI.
Clinique chirurgicale infantile.	KIRMISSON.
Clinique thérapeutique	Albert ROBIN.

MM.

Agrégés en Exercice.

AUVRAY.	DESGREZ.	LAUNOIS.	POTOCKI.
BALTHAZARD.	DUPRÉ.	LEGRY.	PROUST.
BRANCA.	DUVAL.	LEGUEU.	RENON.
BEZANÇON (Fa.)	FAURE.	LEPAGE.	RICHAUD.
BRINDEAU.	GOSSET.	MACAIGNE.	RIEFFEL, chef
BROCA (André.)	GOUGET.	MAILLARD.	des trav. anat.
CARNOT.	GUIART.	MARION.	TEISSIER.
CLAUDE.	JEANSELME.	MAUCLAIRE.	THIROLOIX.
CUNEO.	LABBE.	MERY.	VAQUEZ.
DEMELIN.	LANGLOIS.	MORESTIN.	WALLICH.

Par délibération en date du 9 Décembre 1793, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A mes MAÎTRES DE L'ECOLE DE RENNES,
particulièrement à Monsieur le PROFESSEUR
BODIN dans le laboratoire duquel j'ai trouvé, à côté
de l'enseignement scientifique, un accueil bienveillant
dont je me souviendrai toujours.

*Monsieur le DOCTEUR BELOT m'a présenté à son
illustre MAÎTRE : je l'en remercie ; je prie MONSIEUR
LE DOCTEUR BÉCLÈRE d'accepter mes sentiments
de gratitude pour la bienveillance avec laquelle il a facilité
mes recherches bibliographiques.*

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

M. LE PROFESSEUR ROGER

Professeur de pathologie expérimentale et comparée
Médecin de l'Hopital de la Charité

Monsieur le PROFESSEUR ROGER m'a fait le très grand honneur de bien vouloir accepter la présidence de cette thèse, je lui en suis profondément reconnaissant.

MEIS
ET
AMICIS

En particulier, à mon ami G. Maingot, qui a bien voulu m'aider de ses connaissances et de ses conseils dans la mise au point de ce sujet auquel il s'est consacré depuis plusieurs années.

ÉTAT ACTUEL & REVUE CRITIQUE DE L'ÉLECTROLYSE MÉDICAMENTEUSE

AVANT-PROPOS

L'introduction électrique médicamenteuse vient de prendre un essor considérable. C'est justice. De nombreux articles de vulgarisation ont mis entre les mains des praticiens une méthode facile et innocente. Je n'en décrirai pas la technique. Je voudrais attirer l'attention sur quelques généralisations hâtives des faits observés.

Il m'a paru certain que la théorie de la méthode laissait place à des obscurités dont quelques-unes peuvent être éclaircies. Le cercle des actions concomitantes de l'électrolyse médicamenteuse doit être élargi, afin de rétrécir le champ des interprétations erronées.

INTRODUCTION

Quelque invraisemblable que cela puisse paraître, l'électricité médicale est née longtemps avant la découverte de Galvani et Volta. Dans les premiers siècles de l'ère chrétienne, ne voit-on pas quelques empiriques tirer parti des étonnantes propriétés des torpilles et des gymnotes. Soulier relate le fait. Il était bien naturel d'espérer les résultats les plus imprévus d'un agent dont la merveilleuse puissance grandissait dans les esprits de toute la profondeur du mystère.

Ces tentatives si précoces ne sont que le prélude des innombrables points de contact de la médecine avec l'électricité. Ici, comme dans nombre d'applications thérapeutiques diverses, c'est moins de la prescience proprement dite, que de l'empirisme qu'il faut voir.

Mais seules m'intéressent les expériences dans lesquelles il s'agit de faire pénétrer, au moyen de l'électricité, des médicaments dans l'organisme. C'est d'elles seules que je parlerai.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

PREMIÈRE PARTIE

HISTORIQUE

Le premier document intéressant a été publié par Brisaud. Il s'agit (1745) d'une lettre de Pivati, jurisconsulte de Venise, à Zanotti, secrétaire de l'Académie de Bologne.

« J'en suis venu, écrit Pivati, jusqu'à me flatter de produire un effet qui est, le plus souvent impossible à tout l'art de la médecine : c'est d'introduire dans les parties les plus internes du corps humain, des médicaments topiques qui, soit par des chocs réitérés de l'électricité, soit par un courant non interrompu, puissent déterger, consolider, porter un baume dans les parties jusqu'ici inaccessibles à l'art : car on n'a guère d'autre moyen pour introduire les médicaments que de les faire avaler ; mais, en se ramassant dans l'estomac et en s'y dirigeant, il faut, pour ainsi dire, qu'ils changent de nature avant qu'ils puissent arriver aux parties offensées....., au lieu que s'il était possible de les introduire dans le corps par le moyen de l'électricité, ce serait une manière tout à fait douce et commode d'administrer les remèdes avec

toute leur activité et d'une manière pour ainsi dire insensible. »

« J'ai tâché de fortifier mes conjectures par l'expérience, et j'ai lieu de me convaincre, qu'en effet, les écoulements de la matière électrique entraînent les particules les plus subtiles. »

Suit le récit amusant de l'un de ses succès :

« J'eus la visite de M. l'évêque de Sebenico... qui me pria d'éprouver sur lui ma médecine électrique. Ce prélat, âgé de 75 ans, avait les doigts tout à fait crochus de goutte invétérée, en sorte qu'il ne pouvait plus, depuis bien des années, ouvrir ni fermer absolument la main. La goutte le tenait aux pieds, à peu près de même ; il ne pouvait plier les genoux ni marcher sans être soutenu par dessous les bras. Je préparai pour cette électrisation, un cylindre garni de médicaments discutifs et antiapoplectiques. A peine eussé-je commencé à l'électriser que ce prélat, à son grand étonnement, commença à faire quelques mouvements de ses doigts. Je le laissai reposer... mais ce commencement de succès le rendant impatient, il voulut être de nouveau électrisé avec le même cylindre. Je répétai donc l'opération pendant environ deux minutes, et voilà, tout à coup, que le prélat ouvre ses deux mains et serre les poings d'une telle force, qu'ayant saisi le bras d'un des religieux, celui-ci fut obligé de lui demander quartier. Il se mit à se promener tout seul, à s'asseoir, à battre des mains, il s'agenouilla sans secours sur une chaise d'appui, et il se releva avec vigueur sur ses deux mains ; il frappait des pieds contre terre ; il croyait rêver et demandait à tous les assistants si on lui en avait jamais vu faire autant. »

« Le médecin qui était présent avoua que la médecine n'avait, en effet, pour de semblables maux, que des remèdes pal-

liatifs et généraux, qui servaient tout au plus à rendre le mal moins insupportable, mais qu'elle n'en avait aucun de vraiment spécifique, encore moins d'aussi prompt. »

A la même date, nous trouvons encore un certain Bianchi, de Turin, dont les expériences ont un grand retentissement.

Mais ces premières recherches s'égarent et deviennent rapidement la proie des charlatans. Cependant, en France, l'abbé Nollet n'hésite pas, devant l'importance des faits rapportés à faire le voyage d'Italie. Devant ce critique instruit et honnête, les miracles annoncés à grand bruit ne peuvent être reproduits, ce qui n'est pas pour étonner quand on voit les procédés en usage : on se servait généralement du globe de soufre d'Otto de Guericke, ou de machines rudimentaires, formées d'un cylindre de verre à l'intérieur duquel on plaçait le médicament, de la scammonée, par exemple. Le malade était placé sur un tabouret isolant ; puis le médecin électrisait par frottement ce tube de verre. La charge d'électricité, accumulée à la surface du verre, avait, disait-on, le pouvoir de faire pénétrer dans l'organisme, la scammonée, qui purgeait violemment le malade et lui enlevait son mal, fût-ce même une paralysie. Dois-je ajouter que de pareils faits jetèrent longtemps le discrédit sur l'application de l'électricité à la médecine.

Ignorants des causes et stupéfiés par les résultats, les expérimentateurs de cette première période n'ébauchent pas même la moindre théorie. Tout leur mérite est d'avoir senti une des nombreuses propriétés de l'électricité. Ils n'ont, d'ailleurs, pas d'autre titre à notre admiration, tant leurs expériences sont imprécises et contradictoires.

Au siècle suivant, l'électricité s'enrichit de la notion du courant continu qui donne des résultats plus probants ; et

j'oserais dire que c'est en 1803 que prit naissance la technique de l'introduction électrique médicamenteuse : la faible efficacité des bains de sublimé dans le traitement de la syphilis amène Rossi à tenter, par le courant continu, la pénétration du mercure dans l'économie. Pour cela, il fixe sur la peau, préalablement humectée avec une solution de sublimé, deux plaques formant électrodes, l'une en zinc, l'autre en argent ; il fait passer entre les deux le courant d'une pile de Volta.

Fodéra (1824) rapporte dans un ouvrage quelques expériences sans écho. Fabré-Palaprat (1833) prétend, en appliquant des électrodes sur le bras, avoir fait passer de l'iode à travers ce dernier du pôle positif au pôle négatif. Il est vraisemblable qu'il y eut de sa part une faute de technique et une erreur d'interprétation, car nous verrons que l'iode chemine en sens inverse et la façon dont ses expériences sont décrites met en défiance.

Richardson, en 1859, dans des essais mal combinés, échoue en voulant faire du « narcotisme voltaïque » par le chloroforme. Mais Munk, en 1873, arrive à tétaniser des lapins au moyen de solutions de strychnine.

Je cite pour mémoire les prétentions et les contes amusants dans leurs détails de Vergnès et Poey. « Nous avons retiré, disent-ils, par exemple, du tibia et du fémur d'un malade une grande quantité de mercure qui s'y trouvait depuis quinze ans. » Il s'en forma même des gouttelettes dans la baignoire où était le sujet !!!

Erb en Allemagne (1882), Bardet en France, suivant les théories d'Onimus, reprennent et coordonnent ces travaux en leur donnant une importance considérable. Mais jusque-

là, rien de bien sérieux. Quelques expériences isolées, sans précision, donc sans portée.

C'est alors, et les théories commencent à s'ébaucher, que paraît à Montpellier la thèse de Lauret, travail fort consciencieux intitulé : « *De l'introduction des substances médicamenteuses à travers la peau saine par l'influence de l'électricité.* » Cet auteur a le mérite d'établir d'une façon irréfutable l'introduction des médicaments par l'électricité à travers la peau apparemment intacte. Il fait passer de l'iodure de potassium qu'il retrouve dans les urines.

En Allemagne surtout, on explique les faits par la *cathorèse*, c'est-à-dire par des phénomènes de transport mécanique sans décomposition dans le sens du courant, du pôle positif au pôle négatif. Lauret, au contraire, pressent que la cathorèse, n'est qu'un phénomène accessoire ; pour lui le principal facteur est « l'osmose, influencée, réglementée en majeure partie du moins, par l'électrolyse ».

Il pose des conclusions, qui, certaines restrictions faites, sont à retenir même à l'heure actuelle. Qu'on le félicite de les avoir formulées malgré son ignorance d'une partie des phénomènes approfondis aujourd'hui. Je le cite intégralement :

« 1° Le nombre des substances médicamenteuses pouvant faire partie de l'arsenal de cette nouvelle médication, me paraît devoir être considérablement restreint ;

2° Les substances ne sont probablement pas absorbées en totalité et dans leur intégrité, mais surtout par certains de leurs éléments. »

« L'absorption cutanée, sous l'influence du courant, est un fait indiscutable, du moins pour un certain nombre de substances, mais les doses absorbées sont très faibles et

ne peuvent être considérées comme une thérapeutique dans les circonstances ordinaires. »

Cette thèse aurait pu ruiner la cataphorèse, mais il en est des idées comme de la matière, elles continuent à suivre la trajectoire dans laquelle elles sont lancées, et c'est cette inertie qui permet de comprendre que l'idée de la cataphorèse domine encore les travaux suivants, multipliés à l'infini.

De 1886 à 1890, Wagner et, à sa suite Corning, croient pratiquer l'anesthésie de la peau par la cocaïne introduite au moyen du courant galvanique. Ehrmann, à l'aide du bleu de méthylène, montre que la voie suivie dans le transport des médicaments est surtout la voie glandulaire, et il tente, avec Gaertner, de traiter la syphilis au moyen de bains électriques au sublimé.

Le 16 août 1890, est véritablement une date dans cette longue chronologie :

Edison fait au Congrès international de Berlin, une communication retentissante, dans laquelle il relate les succès obtenus par l'électrolyse du lithium chez un goutteux. Se basant sur les propriétés de ce métal, il eut l'idée d'essayer de l'appliquer au traitement de la goutte par l'introduction percutanée d'un de ses sels : « Dans sa pensée, dit Zimmern, le lithium, introduit sous la peau, devait se substituer à la soude dans les combinaisons de l'acide urique et amener la dissolution des tophi. »

A la suite de cette communication, la méthode entre dans une période d'activité intense.

Jusque-là, les nombreux titres des mémoires : diffusion électrolytique médicamenteuse, introduction diadermique des médicaments, diffusion anodale, phénomènes de transport, cataphorèse, etc., montrent que la question est bien

confuse. L'interprétation la plus généralement adoptée reste basée sur les propriétés cataphorétiques du courant.

Les expériences d'Aubert de Lyon, d'Imbert de la Touche, de Briggs, Erb, Becquerel, Weiss, Onimus, Porret, et Labatut, de Jourdanet, précisent peu à peu les faits. Mais, c'est Labatut, le premier qui donne une explication théorique nette de la pénétration électrolytique médicamenteuse dans l'organisme, par son exposé dans le *Dauphiné médical* de mai-juin 1893, et dans les *Archives d'électricité médicale* de 1894.

De nombreux expérimentateurs utilisent ce mode de traitement avec des succès variables.

Je dois citer ici, particulièrement : Enscli, Bordier et Bergonié, S. Leduc. Ce dernier précise la théorie d'une façon aujourd'hui définitive en apparence, au Congrès de l'A. F. A. S. de Paris 1900, et au Congrès international d'électrobiologie; depuis, par de nombreux articles, il vulgarise la méthode de l'introduction électrique médicamenteuse dans l'organisme.

Malgré tout, la part de la cataphorèse, quoique obscure et hypothétique, paraît encore possible.

DEUXIÈME PARTIE

Applications cliniques du courant électrique à l'introduction médicamenteuse

Avant de discuter la part de l'électrolyse, de la cataphorèse et des nombreuses actions qui interviennent aussi dans l'électrolyse médicamenteuse, je vais esquisser le parti que des praticiens ont pu tirer de son application.

« Il est difficile de se représenter, dit S. Leduc, combien paraîtra absurde à l'avenir la conduite actuelle par laquelle, pour agir sur une région très limitée du corps, pour guérir un tissu grossier, nous répandons dans tout le corps une substance nocive, particulièrement nuisible aux tissus les plus délicats, les plus importants, comme ceux des centres nerveux, par exemple. Ce doit être un des buts de la médecine de remplacer, toutes les fois que cela est possible, les traitements généraux par des traitements locaux. Pour atteindre ce but, la méthode électroïonique offre des ressources que ne présente aucune autre médication. »...

« Quand on sait la variété, la multiplicité d'actions de toutes sortes que l'on peut produire en saturant les cellules de la peau, exactement au degré et à la profondeur que l'on veut, avec les substances électrolytiques, on est surpris de voir la médecine rester à ces applications de surface, aux

onguents et aux pommades qui n'agissent que superficiellement, et dont seulement une fraction infinitésimale peut pénétrer à l'intérieur ».....

Rien d'étonnant qu'après ce plaidoyer enthousiaste, l'électrolyse médicamenteuse, soit entrée dans une ère de recherches et de prospérité. Plus tard on verra combien il faut en rabattre sur la certitude et la précision d'une méthode utile, mais encore incapable de détrôner toute l'ancienne thérapeutique.

Mieux qu'une discussion, l'analyse de quelques observations rendra ce qui est dû à l'électrolyse médicamenteuse qu'elle dépouillera en même temps de prérogatives mal justifiées. On lui a gratuitement attribué des propriétés dont elle ne peut se parer ; ne pas les attaquer serait déjà lui porter atteinte, car rien plus que l'excès n'est capable de nuire aux meilleures causes.

Je n'ai pas l'intention de faire une analyse complète des observations qui ont été publiées. Ce travail m'entraînerait trop loin ; il ne cadre pas avec le but critique que je me suis proposé. Je me contenterai de signaler quelques cas particuliers. En fixant l'attention, ils montreront tout le bénéfice que l'on peut espérer en thérapeutique de l'état permanent du courant électrique.

D'une façon générale trois cas sont à envisager. Ils correspondent aux considérations théoriques que je développerai dans le chapitre suivant :

On est en présence de lésions superficielles sur lesquelles il faut agir pour ainsi dire immédiatement.

D'autres fois, les désordres pathologiques sont situés plus profondément ; la pénétration diadermique aurait la prétention d'atteindre les foyers morbides et de modifier leur évolu-

tion. Les actions sont médiatees, car on ne peut gagner le siège du mal qu'en traversant des épaisseurs notables de parties saines.

Enfin, dans un troisième cas, l'électrolyse médicamenteuse se propose uniquement de diriger dans la circulation générale des agents thérapeutiques : leur action est celle même qu'ils auraient eue après avoir gagné le milieu sanguin par une tout autre voie.

Dans les lésions superficielles les résultats peuvent être très brillants. Une série de faits des plus probants a été relatée par Lewis Jones, au sujet du traitement de l'épithélioma.

Frappé des résultats obtenus par Leduc dans cette affection, il voulut, lui aussi, tenter l'introduction du zinc au moyen du courant électrique. « Dans l'année suivante, écrit-il, j'eus l'occasion d'appliquer la méthode à un cas d'épithélioma de la joue, chez une vieille dame : j'employai une solution de chlorure de zinc avec un pôle positif de zinc, faisant passer le courant pendant dix à douze minutes, ainsi qu'il est indiqué par Leduc. Quinze jours après, l'ulcère était complètement cicatrisé. J'ai vu la malade de temps en temps depuis, et aujourd'hui, deux ans après l'application, il n'y a aucun signe de récurrence. »

« Naturellement, je fus extrêmement intéressé par ce cas, et, depuis, j'ai traité un certain nombre de cas de la même manière avec succès ; dans une leçon faite en octobre 1905, devant la Hunterian's Society, je pouvais mentionner 7 cas traités ; j'en ai maintenant 19, et à l'exception de 5 dont je mentionnai l'histoire, le traitement a été suivi de succès ; je suis donc bien autorisé à dire que ce traitement est bon. »

Sur ces 19 cas : « 6 se sont guéris complètement après une seule introduction d'ions zinc ; trois ont exigé deux appli-

cations ; 5 cas, trois applications ; les 5 autres comprennent les cas encore en traitement et les échecs ; 1 cas a été perdu de vue après une application, je ne le compte pas, ayant cependant des raisons de le compter comme un succès. »

Dans un autre ordre d'idée, G. Maingot tenta d'utiliser l'électrolyse pour l'analgésie de la muqueuse pituitaire par la cocaïne. Il vient de publier ses résultats : ils ont été excellents.

Comme je fus son premier sujet d'expérience en 1904, je suis mieux informé que quiconque touchant les résultats.

Pour un volumineux éperon de la cloison du nez à gauche, j'avais subi deux séances d'électrolyse bipolaire destructive qui furent très douloureuses quoique précédées d'un badigeonnage prolongé de la muqueuse avec une solution de chlorhydrate de cocaïne à 1 pour 3. A la troisième séance, je réclamai la cocaïnisation électrique. Après l'avoir pratiquée, on put, sans provoquer aucune douleur, enfoncer les deux aiguilles à électrolyse : les yeux fermés, il m'était impossible de dire si les aiguilles étaient ou non placées. Je pus ensuite supporter sans souffrance un courant caustique de 20 *milliampères* pendant dix-huit minutes.

Toutes ces applications ne supposent pas un entraînement profond des médicaments par le courant électrique.

A priori, on se demanderait déjà si des médicaments ayant une action superficielle si marquée sont capables de se retrouver bien loin de leur champ d'introduction. Il serait sage de conclure qu'ils s'épuisent dès leur arrivée au-dessous du revêtement épithélial. Mais avant de démontrer qu'il en est bien ainsi, j'ai le devoir de dire les résultats du traitement des affections moins superficielles.

Fockenberghe, dans sa thèse (1903), montre l'avantage réel que l'on retire de la pénétration diadermique dans le traitement du rhumatisme au moyen de solutions salicylées.

Les plus beaux résultats publiés à l'heure actuelle sont peut-être ceux de Leduc. Ce dernier a traité des ankyloses complètes des articulations au moyen d'électrodes imbibées de chlorure de sodium. Sans mouvements forcés, sans aucune douleur, il a obtenu des guérisons rapides. Il cite un cas d'ankylose complète de la main datant de cinq mois, deux cas d'ankylose du genou datant de six et dix-huit mois, guéris en quelques séances d'électrolyse. J'y reviendrai plus tard au sujet de l'interprétation de la pénétration diadermique.

Il est une chose bien certaine, c'est que des agents thérapeutiques, électrolysés sur les animaux, se retrouvent à la sortie des émonctoires. Ceci pourrait faire penser qu'il est loisible de s'adresser à l'électrolyse médicamenteuse pour remplacer les voies digestives, pulmonaires, ou sous-cutanées. Je ne recommanderai pas cette façon d'agir. A ce titre, elle n'est applicable que dans des circonstances exceptionnelles.

Le dosage rigoureux d'une injection hypodermique fait antithèse, nous le verrons, avec l'ignorance des doses absorbées au moyen de l'électricité. C'est donc plutôt à titre de curiosité scientifique que je rappelle les expériences ayant pour but de faire passer des médicaments dans la circulation, telles que celles de Lauret, au sujet du passage de l'iodure de potassium dans l'économie. Elles n'ont d'autre intérêt que de démontrer la pénétration diadermique. Si l'on s'adresse cependant à des médicaments particulièrement toxiques, agissant à doses minimales, les résultats peuvent être impressionnants: je veux parler de la tétanisation des

lapins, obtenue par Leduc, au moyen d'une solution de strychnine.

Maintenant que nous envisageons la valeur clinique de l'électrolyse médicamenteuse, nous ne saurions fermer les yeux sur l'intimité des actions qui sont cause de sa puissance. Autrement dit, pour mieux juger de l'utilité de la méthode, un chapitre de théorie se place logiquement après ce rapide exposé des applications cliniques actuelles.

TROISIÈME PARTIE

Principes de la Méthode

L'accord semble se faire au sujet de l'interprétation des phénomènes d'introduction médicamenteuse par le courant continu : nous sommes en présence, toutefois, de l'ancienne cataphorèse, d'une part, qui conserve quelques défenseurs ; de phénomènes électrolytiques proprement dits, d'autre part, auxquels on rattache exclusivement, ou presque, la pénétration diadermique.

La cataphorèse s'appuie sur deux expériences principales que je résume brièvement.

La première est le phénomène de Porret : Une cuve est séparée en deux parties égales par une paroi poreuse ; on place dans chacune des cellules ainsi limitées une solution identique et s'élevant au même niveau. Après le passage du courant il y a une dénivellation, en général au profit de la cellule reliée au pôle négatif. Il semble donc que le passage de l'électricité entraîne pour ainsi dire mécaniquement, les substances traversées et soit capable de produire des effets de pénétration qui sont toute la cataphorèse.

Les expérimentateurs du siècle dernier s'appuyaient sur une seconde expérience. Elle est du physicien Quinke ; et a été développée dans la thèse de Fockenberghé, que je cite :

« Si l'on place des grains d'amidon dans un tube capillaire renfermant de l'eau, et si l'on fait passer un courant électrique dans ce système, on observe les faits suivants : 1° les grains d'amidon placés au centre du tube vont du pôle positif ou pôle négatif ; 2° les grains placés excentriquement, c'est-à-dire placés contre la paroi, vont du pôle négatif au pôle positif ; 3° si l'on augmente l'intensité du courant, il arrive un moment où tous les grains vont du pôle positif au pôle négatif. Les grains d'amidon du centre cheminent donc dans le sens du courant : il y a cataphorèse au centre ; les autres cheminent en sens inverse, du pôle négatif ou cathode, au pôle positif ou anode : il y a par conséquent anaphorèse à la périphérie. L'entraînement cataphorétique l'emportant beaucoup sur l'entraînement anaphorétique, lorsque, sans suivre la marche de l'expérience, on se contente d'en suivre les résultats, la cataphorèse seule est démontrée. »

La cataphorèse pourrait peut-être s'expliquer par une erreur d'interprétation de certains phénomènes électrolytiques ; erreur d'autant plus facile que la question de l'électrolyse est très complexe. Laissant de côté pour le moment les expériences précédentes, j'étudierai d'abord les phénomènes électrolytiques ; et je tâcherai de montrer à l'aide des principes admis, combien la cataphorèse peut cadrer avec leurs manifestations générales.

Ceci me conduit, pour l'intelligence du sujet, à définir l'électrolyse, et à exposer quelques-unes de ses conséquences.

Électrolyse

L'électrolyse est le phénomène qui se manifeste dans certaines solutions traversées par un courant continu.

Le passage du courant électrique est lié à la dislocation de la molécule. En entrant en solutions, certaines molécules se fragmentent en particules que Svante Arrhénius a fait connaître le premier, en 1886.

On peut supposer schématiquement qu'une molécule de chlorure de sodium NaCl , par exemple, dans une solution, s'est fragmentée en deux corpuscules, l'un à radical basique Na , l'autre à radical acide Cl .

Ces corpuscules sont si mobiles dans le solvant, que Faraday leur a donné le nom d'*ions*, c'est-à-dire de voyageurs (en grec, *ιον*, allant).

Au point de vue auquel nous nous plaçons, ils diffèrent l'un de l'autre, on pourrait dire, plus encore par leurs différences de réactions physiques respectives, que par leurs différences de propriétés chimiques : l'un est chargé d'électricité positive, l'autre d'électricité négative, ces deux charges étant d'ailleurs égales.

Caractéristique des ions cette propriété électrique domine toute l'histoire des électrolytes et nous pouvons maintenant définir un *électrolyte* : une solution d'une substance ionisée.

Les phénomènes élémentaires de l'électricité statique vont contribuer puissamment à imaginer comment se comportent les ions quand on établit des différences de potentiel dans l'électrolyte : en d'autres termes, quand on cherche à faire passer un courant électrique dans une solution.

Pour schématiser les choses d'une façon frappante, imaginons l'ion chlore Cl du chlorure de sodium, que j'ai pris

pour exemple, comme représenté par une certaine quantité de matière mobile en tous sens et chargée d'électricité négative; et l'ion sodium Na du même chlorure, comme identique, sauf qu'il est chargé d'électricité positive.

Ainsi envisagés, ils rappellent ces boules de sureau, isolées par un fil de soie et chargées d'électricité de signe déterminé, c'est-à-dire élevées à un certain potentiel positif ou négatif. Nous savons qu'en approchant progressivement un corps électrisé de ces sphères de sureau, elles subissent des phénomènes de gravitation, telles que les électricités de même nom s'attirent, et que les électricités de signe contraire se repoussent.

Or, si nous plongeons dans l'électrolyte des électrodes reliées à une source de courant continu, nous établissons sur ces électrodes, c'est-à-dire aux bornes de l'électrolyte, des différences de potentiel en tout, sauf en quantité assimilables à celles que nous avons envisagées dans notre comparaison précédente. L'une des électrodes est donc chargée d'électricité positive, l'autre étant chargée d'électricité négative.

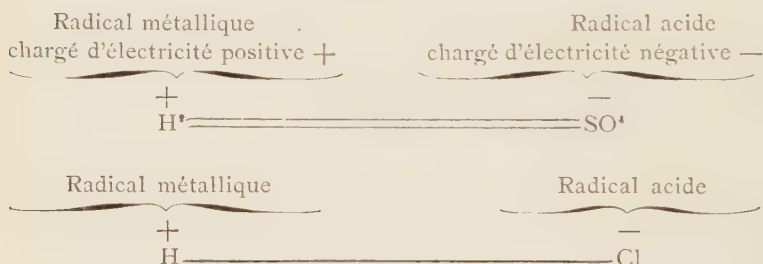
Plus mobiles dans leur électrolyte que les balles de sureau au bout de leur fil de soie, les ions se dirigent dans la solution vers l'électrode chargée d'électricité de signe contraire à celle qu'ils emportent avec eux: cette électrode les attire. L'ion Cl chargé d'électricité négative se dirigera donc vers le pôle positif, et l'ion Na, chargé d'électricité positive, vers le pôle négatif.

Nous avons pris le cas particulier du chlorure de sodium. Si nous tenons compte du fait que le nombre des ions dérivés d'une molécule ionisable peut varier suivant des conditions dans le détail desquelles je ne puis entrer, nous pourrions généraliser et dire que les acides, les sels, et les bases

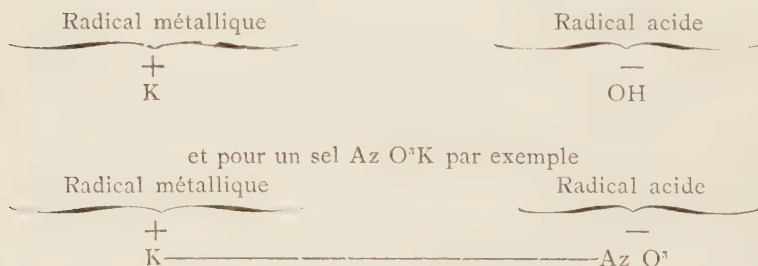
de la chimie minérale se comportent de la même façon.

Les sels étant considérés comme formés par l'union d'un radical acide et d'un métal ou radical métallique, il nous suffira d'envisager les acides comme des sels dont l'hydrogène (H) est le métal ; et les bases comme des sels dans lesquels oxydrile OH joue le rôle d'un acide.

Soit, par exemple, l'acide sulfurique H^2SO^4 , et l'acide chlorhydrique HCl , nous avons :



Pour une base telle que la potasse KOH, nous avons :



Pour simplifier, je désignerai le radical métallique par M et le radical acide par R ; M étant toujours chargé d'électricité positive, et R d'électricité négative.

Comparées l'une à l'autre, la molécule d'acide sulfurique H^2SO^4 , et celle de l'acide chlorhydrique HCl , on voit im-

médiatement qu'elles diffèrent par leur atomiçité. La première se prête à la formation de sels neutres et de sels acides ; la seconde, au contraire, ne renferme qu'un hydrogène H remplaçable. Ceci découle du fait que l'ion SO^4 possède une charge d'électricité double de l'ion Cl. Une certaine charge d'électricité définit donc une certaine valence numérique.

Disons pour terminer, que toutes les molécules ne s'ionisent pas forcément dans un électrolyte. Suivant certaines circonstances dont la principale est le degré de concentration ; toutes les molécules subissent la fragmentation corpusculaire ou, au contraire, conservent les groupements d'atomes qui les caractérisent avant leur dissolution.

Tous les corps solubles ne sont cependant pas ionisables. Et je dois ajouter que cette propriété n'est pas absolument particulière aux corps minéraux. Il est certaines molécules organiques à fonctions complexes qui sont, elles aussi, susceptibles d'entrer dans la constitution des électrolytes.

Des considérations sur lesquelles je viens de m'étendre, se déduit logiquement cette notion dominante que seuls les électrolytes sont conducteurs du courant électrique.

Le courant électrique au lieu d'être la cause de la dissociation moléculaire n'en est que la conséquence. Les solutions d'une substance non ionisée sont, par suite, réfractaires au passage de l'électricité, propriété qui les fait rentrer dans le cadre des diélectriques.

Je dois faire remarquer incidemment que cette loi est trop absolue. Nous aurons affaire dans le cours de ce travail, à certaines substances particulières et intéressantes à plus d'un titre, qui se mélangent aux liquides, sans altérer leur homogénéité macroscopiquement apparente, mais sans se dissoudre véritablement. Je veux parler des substances colloïdales.

Certains auteurs ont démontré le pouvoir que possèdent ces substances de jouer un rôle analogue à celui des électrolytes. Dans ce cas encore, nous devons penser que les particules colloïdales, chargées d'électricité d'un certain signe, s'acheminent vers les électrodes sous des influences comparables à celles qui dirigent les ions.

Au contact des électrodes, la charge électrique de l'ion se combine avec une charge égale et de signe contraire prise sur l'électrode. Il en résulte la formation d'électricité neutre ; et de là un appauvrissement de la charge des électrodes, c'est-à-dire une modification dans leur différence de potentiel.

La source d'électricité qui établit cette différence de potentiel doit entrer en action pour rétablir l'équilibre ainsi rompu. Voilà ce qui explique pourquoi il y a passage du courant dans les conducteurs, et pourquoi les électrolytes semblent eux-mêmes conducteurs de l'électricité.

Mais que deviennent les ions après avoir perdu la charge électrique à laquelle ils doivent toute leur indépendance ? Ils deviennent alors de simples atomes au sens chimique du mot. Ils se comportent comme tels, et ils doivent se combiner suivant leurs affinités chimiques soit entre eux, soit avec les électrodes, soit avec les corps présents dans l'électrolyte, pour former de nouvelles molécules.

Des théories physiques plus modernes permettraient d'envisager le phénomène d'un point de vue différent. S'il résultait, de l'étude de ces conceptions, une clarté plus grande pour l'intelligence des phénomènes que nous schématisons, je n'hésiterais pas à les développer, encore que je me trouverais entraîné à aborder des notions cadrant mal avec le but modeste et pratique que je me suis proposé.

Quoi qu'il en soit, il est intéressant de faire remarquer que la résistance électrique d'un électrolyte diffère par sa raison d'être et par sa façon d'être de celle d'un conducteur homogène, par exemple, d'un conducteur métallique. Disons seulement dans cet ordre d'idées, que, si faible que soit la différence de potentiel établie aux bornes d'un conducteur métallique, on constate un passage du courant proportionnel à la force électromotrice utilisée, et en raison inverse de la résistance du conducteur. Rien de semblable avec les électrolytes : au-dessous d'une certaine différence de potentiel, par exemple au-dessous de 1,48 volt. pour de l'eau acidulée aucun courant ne s'établit.

D'autre part, la résistance d'un électrolyte est fonction, moins de son dimensionnement exprimé en longueur et en surface de section, que du nombre d'ions mis en liberté.

L'usage est maintenant de désigner les électrodes par des noms qui ont déteint sur les ions eux-mêmes.

De l'électrode positive à l'électrode négative se produit une chute du potentiel électrique, ce potentiel étant considéré plus élevé à la première qu'à la seconde.

Du reste, on assimile généralement le courant électrique à une circulation de fluide se produisant du pôle positif au pôle négatif ; la chute du potentiel est analogue à la chute de pression dans une canalisation d'eau, par exemple. La voie par laquelle arrive ce fluide est celle dont le potentiel est le plus haut : c'est la plus élevée ; dans le cas de l'électricité, on la désigne sous le nom d'anode (du grec *ὁδὸς*, chemin, *ἄνω* en haut). Ce terme de anode devient donc synonyme d'électrode positive.

Le même raisonnement nous amène à désigner l'électrode négative par le nom de cathode (*ὁδὸς*, chemin, *κατω* en bas).

Les ions, chargés d'électricité positive, qui se dirigent vers la cathode, deviennent naturellement des *cathions*; leurs homologues chargés d'électricité négative et qui se dirigent vers l'anode des *anions*.

Ces notions, très élémentaires, nous suffiraient pour l'intelligence des phénomènes que nous allons expliquer tout à l'heure, si la malheureuse question de la cataphorèse ne nous obligeait à entrer dans l'exposé rapide d'une propriété décrite par Hittorf et relative à la vitesse des ions.

La vitesse des ions, dans un même électrolyte, est évidemment fonction de l'intensité du courant, c'est-à-dire de la différence de potentiel aux deux électrodes; elle augmente avec la température. Mais sa propriété capitale est de varier avec la constitution des ions mis en expérience.

Divisons en deux parties égales, par une cloison poreuse, une cuve électrolytique; mettons-y la même quantité d'électrolyte dans des conditions identiques de température et de dilution: nous aurons un schéma tel que le suivant:



Si l'on suppose que M, pendant le passage du courant, marche vers la cathode deux fois plus vite que R vers l'anode, nous obtiendrons après l'expérience, ce deuxième schéma:



Les quantités de molécules (R M) contenues dans la cel-

lule anodique et dans la cellule cathodique, ne sont donc plus les mêmes : la seconde en contient le double (1).

Je ne vais pas m'étendre pour démontrer que les substances en solution obéissent à des lois parallèles à celles qui régissent les gaz en vase clos ; et que les différences de concentration dans la cellule anodique et la cellule cathodique ont pour résultat des différences de pression osmotique. Qu'il me suffise de le dire. L'équilibre osmotique détruit, ne se rétablit que par l'intermédiaire d'une dénivellation au profit de la cellule contenant le plus de molécules, c'est-à-dire au profit de la cellule cathodique dans notre exemple.

Ignorant le phénomène de Hittorf, on pourrait croire, a priori, qu'il y a eu transport en masse, sans décomposition, de la substance R M dans le sens du courant et en même temps, locomotion de la masse du solvant. C'est cette fausse interprétation qui a conduit à l'hypothèse de la cataphorèse ; on a reconnu dans cette expérience celle que j'ai relatée à son propos au début de ce chapitre. La cataphorèse est ainsi privée de l'un des principaux piliers sur lesquels elle repose.

Si la cloison poreuse est remplacée par une épaisseur de grains d'amidon, la mobilité de ces grains va avoir des conséquences sur lesquelles j'attire l'attention.

Ils seraient soumis, après le passage du courant électrique, à des pressions osmotiques différentes suivant le côté considéré : c'est un état qui ne se réalise pas.

Les grains d'amidon, insuffisamment maintenus dans leur

(1) Hittorf, désignant par n la perte de concentration à la cathode, par $1-n$ celle de l'anode, par u la vitesse des anions et v celle des cathions, en conclut que, pour un électrolyte, les répartitions sont entre elles dans le rapport des vitesses des ions qui s'y déplacent

$\frac{n}{1-n} = \frac{v}{u}$; n et $1-n$ sont les facteurs de transports.

situation, obéissent aux pressions qui les sollicitent. Dès que l'équilibre osmotique tend à se rompre, on les voit se déplacer et se diriger vers la cathode.

Les grains au contact des parois sont soumis à des frottements que n'éprouvent pas ceux des couches centrales. Ils ont donc tendance à se mouvoir plus lentement que les autres. Bien plus, ils peuvent marcher en sens inverse, car le déplacement du liquide de l'anode vers la cathode a pour corollaire des courants de convection, qui entraînent vers l'anode les grains d'amidon voisins des parois. Du reste, les choses auraient pu être imaginées d'une façon plus frappante encore si, au lieu de considérer une simple cuve, nous avions un tube de section assez faible, c'est-à-dire si nous nous placions dans les conditions mêmes de l'expérience de Quincke, qui, de ce fait, perd toute valeur démonstrative par rapport à la cataphorèse.

Il semble maintenant bien établi que la cataphorèse doit être rayée des interprétations de la pénétration diadermique. Les auteurs des époques précédentes avaient, d'ailleurs, plus ou moins pressenti l'incertitude de son existence. Quelques-uns même avaient catégoriquement nié son action.

« La cataphorèse ne repose pas sur des bases scientifiques à l'abri de tout reproche », écrit Soulier, dans son traité de thérapeutique.

Labatut est plus catégorique : « La cataphorèse en tant que transport des molécules dans le sens descendant du courant n'existe pas. »

Chez Franckenhäuser, on rencontre plus de réserve encore : « Il est prématuré, dit-il, de vouloir émettre une opinion finale, définitive, sur l'emploi de la cataphorèse en électrothérapeutique. Ni l'expérience des autres, ni la mienne, ne permettent de lui attribuer un rôle réel. »

Et Fockenberghe : « Voilà un terme dont la signification est demeurée longtemps obscure, un terme qu'on a même détourné de son vrai sens au point de vue médical, et que l'usage tend, néanmoins, à faire conserver en médecine, comme il a fait tant d'autres termes impropres. »

L'électrolyse permet donc, malgré toute timidité dans l'interprétation des faits, de réduire tellement la part de la cataphorèse, qu'elle n'est plus digne que de l'oubli.

Les auteurs, autrefois si fortement attachés à son idée, se sont, du reste, aperçus qu'elle devenait insuffisante pour cadrer avec les résultats observés. Fockenberghe constate que les transports de matériaux dissous ne s'effectuent pas seulement dans le sens de la cathode. Il emploie le mot « anaphorèse », pour exprimer les actions anodiques.

Anaphorèse, cataphorèse, dans l'idée, voilà deux termes qui rappellent d'une façon si frappante ce que nous avons étudié à propos de l'électrolyse, qu'ils semblent n'avoir été que les succédanés des anions et des cations.

Et maintenant, avec les seules données de l'électrolyse, je vais montrer comment on imagine aujourd'hui l'introduction électrolytique médicamenteuse. On me pardonnera de faire une hypothèse, nécessaire à la parfaite intelligence de ce point délicat ; il faut, en effet, supposer que les tissus animaux puissent s'assimiler à des électrolytes.

Interprétation actuelle de la pénétration diadermique

On a pris l'habitude de considérer les tissus animaux comme un électrolyte, assimilable à une solution de chlorure de sodium. Encore faudrait-il ajouter que cette solution baigne les mailles serrées d'un substratum complexe. Je devrai revenir plus tard sur ce fait. Pour le moment, j'assimile tous les phénomènes que je vais décrire à ceux produits dans une solution chlorurée sodique.

Lorsqu'il s'agit de faire de l'introduction électrolytique médicamenteuse, on applique au point en expérience une électrode qui n'est elle-même, qu'une solution du réactif employé. En d'autres termes, on se sert d'une électrode électrolyte.

La polarité est choisie d'après le sens d'entraînement électrolytique. Par exemple, si l'on se propose de faire agir de l'acide salicylique sur une articulation, on place sur la peau une solution de salicylate de soude. Il est à supposer que le sodium Na du salicylate forme un cathion, et le radical salicylique un anion devant traverser la barrière cutanée. Les tissus sont reliés au fil positif, constituant ainsi une large anode vivante, la solution salicylique à la cathode.

Dès que le circuit électrique est fermé, le métal Na se porte vers le pôle négatif. Il subit des phénomènes secondaires qui ont pour résultat la formation de soude, elle-même capable de réagir sur la matière de l'électrode. Mais ces actions nous intéressent peu. Il est bien plus important de suivre le prétendu voyage de l'ion salicylique.

Celui-ci remonte le courant, arrive à la surface de la peau. La peau et les tissus sous-jacents sont des électrolytes, nous venons de le dire. Ils peuvent se scinder par l'imagination en une série de tranches parallèles. Entre chacune d'elles se produisent des actions électrolytiques : si l'on suit le sens du courant, la deuxième tranche considérée, joue le rôle de cathode, par rapport à la première et d'anode, par rapport à la troisième. Tous les phénomènes observés entre la cathode et la peau vont donc se reproduire de l'une à l'autre tranche. Ainsi, de proche en proche, l'ion salicylique est, dit-on, transmis dans la profondeur.

Sans tenir compte de la différence de vitesse des ions et de la nature de la cathode, je vais représenter les choses d'une façon très schématique.

Dans une première période, qui précède la fermeture du circuit, l'acide salicylique, figuré par R M (R est l'anion radical acide ; M le cation, radical métallique) est placé entre la cathode et la peau : soit sur mon schéma entre la barre de gauche faite de hachures, qui porte le signe — et les barres de droite, dont la dernière porte le signe $e+$. Les barres de droite représentent les tissus, c'est-à-dire l'électrolyte chloruré sodique, et entre chacune d'elles je figure une molécule de chlorure de sodium NaCl.



Dès que le circuit électrique est fermé, Na s'oriente vers la cathode, R et Cl vers l'anode. C'est ce que représente cette deuxième phase :



A vrai dire, cette orientation n'est que le premier terme

d'un acheminement dont l'ébauche est mieux indiquée par la troisième phase :



Elle montre déjà une accumulation de Na vers la cathode, une accumulation de R vers les tranches jouant le rôle d'anode. Un ion salicylique a franchi la peau. Il est entre la première barre de droite et la seconde qui l'attire toujours, puisqu'elle est, par rapport à la première, une anode idéale.

Dans une quatrième période, le corpuscule Na, émergé du milieu intérieur de l'organisme lui-même, a franchi la peau. De l'acide salicylique a continué à progresser, il est au contact de la deuxième barre de droite. Du chlore Cl commence à s'accumuler en masse auprès de la barre portant le signe +



Encore un peu et pendant qu'il n'y aura plus que de la soude entre la cathode et la peau, il se trouvera du radical salicylique dans la profondeur des tissus, c'est-à-dire entre le deuxième et le troisième trait de droite :



J'ai pris pour exemple le cas d'un acide. Il est bien évident qu'il en sera de même pour un sel ou pour une base. Il suffit de se rappeler que le radical acide pénétrera toujours dans la peau sous la cathode, et le radical métallique sous l'anode.

L'hydrogène H étant considéré comme le métal ou cation des acides et l'oxydrile OH comme le radical

acide ou anion des bases, il est facile de conclure qu'avec les acides on aura sous la cathode mise en liberté de l'hydrogène H, et avec les bases sous l'anode mise en liberté de l'oxydrile OH.

H et OH se combineront avec le chlorure de sodium NaCl de l'organisme et donneront, l'un de l'acide chlorhydrique HCl, l'autre de la soude NaOH, qui réagiront sur les tissus. L'acide chlorhydrique (HCL) naissant dominera donc la scène à l'anode quel que soit l'acide utilisé et l'action de la soude à la cathode, quelle que soit la base.

D'autres actions fort nombreuses interviennent. Elles ont été à peu près négligées jusqu'à ce jour. Il est d'ailleurs étonnant, que cette esquisse faite à gros traits ait semblé satisfaire les esprits.

Bien plus, avant l'étude de ces actions complexes négligées, j'aurai à démontrer que la limite à laquelle pénètrent les ions introduits électrolytiquement s'arrête à une profondeur moindre que beaucoup ne l'ont supposé à la faveur d'articles de vulgarisation.

De ces différentes considérations, je vais tirer l'objet du paragraphe suivant : ce sera un coup d'œil jeté sur les effets tant physiques que physiologiques, inséparables de toute électrolyse faite dans le domaine de la biologie.

Limitation de la profondeur d'introduction

Pendant que je touche encore aux actions électrolytiques proprement dites, liquidons la question des réactions secondaires.

Nous savons que les ions qui perdent leur charge électrique deviennent de simples atomes au sens chimique du mot. Ils doivent entrer en combinaison : je vais montrer tout à l'heure qu'il en résulte une limitation dans la profondeur à laquelle ils peuvent pénétrer. Ceux qui sont entrés dans l'organisme n'échappent pas à cette loi générale. Ils rencontrent dans les cellules dont le chimisme est si complexe, des substances pour lesquelles ils ont de l'affinité. Ils se combinent avec elles, et cette combinaison est vraisemblablement le secret de l'action thérapeutique de quelques médicaments.

Mais certains ions ne se combinent pas seulement avec les corps constitutifs des tissus. Ils réagissent entre eux et arrivent parfois à des précipitations dans l'épiderme et le derme. Un exemple frappant en est donné par le permanganate de potasse. Une solution, placée entre cathode et peau, fait apparaître une pigmentation brune durable des follicules pilo-sébacés. Des poussières de bioxyde de manganèse sont mises en liberté au moment où le permanganate est réduit par la matière organique. Ne savons-nous d'ailleurs pas qu'on dose la matière organique en mettant à profit son oxydabilité par le permanganate de potasse.

Deux autres cas sont encore à envisager. D'abord celui de ces ions qui, poussés dans l'organisme, reforment la molécule dont ils dérivent et n'ont aucune action chimique locale. Si, par exemple, on électrolyse du bromure de sodium NaBr entre cathode extérieure et peau, l'ion brôme Br, dans le milieu intérieur, rencontre des corpuscules Na en route vers la cathode: d'où nouvelles molécules de bromure de sodium.

Pour mémoire, je dois citer un deuxième cas. C'est celui des composés agissant par leur présence un peu à la façon des ferments, j'ai nommé les substances catalytiques. Jusqu'alors elles ne sont pas entrées dans le domaine de la thérapeutique par électrolyse. Il ne faudrait pas s'étonner d'entendre émettre plus tard l'opinion que des ions spéciaux puissent, par leur seule présence, agir sur le métabolisme cellulaire. C'est pourquoi je me suis cru obligé de signaler ce cas particulier auquel ne s'attache pas aujourd'hui d'importance pratique définie.

Il paraîtrait oiseux de discuter longuement sur la pénétration en profondeur des médicaments qui réagissent chimiquement avec les tissus traversés. Dans ce cas, il est bien évident que la nouvelle combinaison formée a fixé l'ion. C'est ce qu'on observe dans l'introduction du radical SO^4 de l'acide sulfurique. L'expérience démontre qu'il se produit une mince altération parcheminée de la peau. Le radical fixé ou détruit ne saurait gagner la profondeur qu'après saturation des premières couches. D'avance il est prévisible qu'une telle saturation a pour corollaire l'escarrification des parties saturées. Donc, limitation très étroite de la profondeur accessible en ce cas.

Antérieurement, j'ai cité l'exemple du permanganate de

potasse. Il se rattache au précédent. La molécule de permanganate se détruit : par conséquent, n'existant plus, elle ne saurait causer d'effets profonds.

Encore que ces différents agents ne subiraient pas de décomposition ou de fixation, la pénétration lointaine électrolytique resterait-elle absolument empêchée. La constitution même de l'édifice très compliqué que sont les tissus le fait prévoir. Jusqu'à présent, nous les avons assimilés à la cuve électrolytique des physiciens. N'y aurait-il entre celle-ci et les cellules vivantes que la différence d'un liquide libre à celui d'une solution emprisonnée dans d'étroites cloisons, que nous devrions faire des restrictions sur les conclusions tirées d'après une telle schématisation.

Il faut figurer, en outre, les tissus comme formés de couches séparées les unes des autres par un rideau vasculaire complet. Tous les échanges de la nutrition supposent une circulation intensive et largement dispensée. Si des ions voyageurs traversent les cellules, on conçoit immédiatement qu'ils tombent dans le torrent circulatoire. Ils sont entraînés loin du lieu d'expérience. Endigués dans les parois des vaisseaux, ils ne serviront plus d'agent thérapeutique qu'au moment où les capillaires d'une région quelconque leur rouvriront la barrière des réactions chimiques. En somme, ils agissent à peu près comme s'ils étaient injectés directement sous la peau.

Ces conclusions sont en opposition avec l'opinion généralement admise. A priori, on peut les mettre en doute. C'est après un raisonnement logiquement conduit qu'on est tenté de leur accorder quelque créance. L'appui de l'expérimentation leur manque. Il m'avait donc paru nécessaire de me placer dans des conditions schématiques se rapprochant le

plus possible de celles réalisées dans l'organisme, et de me rendre compte directement du transport électrolytique. Au moment où je me préparais à ce travail, H. Iscovesco et A. Matza ont fait une communication suffisamment démonstrative pour que j'admette leurs conclusions sans contrôle.

« Nous avons voulu étudier, écrivent-ils, comment passent certains électrolytes à travers de l'albumine ou tout simplement des blocs de gélatine rendue isotonique, afin de pouvoir comparer les résultats avec ce qui se passe dans l'organisme animal. »

« Pour cela, on prend des tubes en U ayant à peu près 1 centimètre de diamètre et on verse de la gélatine chaude contenant 7 pour 1000 de NaCl, de manière à remplir la partie horizontale et le quart inférieur des deux branches verticales. On refroidit, de manière à ce que la gélatine se solidifie, puis on remplit chacune des branches verticales avec le liquide contenant en solution l'électrolyte qu'on étudie. »

« Ceci fait, on met le tube dans un circuit électrique de 110 volts, sur le trajet duquel on a intercalé une résistance telle qu'on n'ait que 6 à 8 milliampères. Des électrodes en platine plongent dans chacune des branches verticales et on fait passer le courant. »

« Nous nous sommes servis de solution d'électrolytes colorées, telles que des solutions de permanganate de potasse, de sulfate de cuivre, d'acétate de fer. »

« Pour le permanganate, voici ce qu'on observe : la branche contenant l'électrode positive ne change pas ; dans la branche négative la solution de permanganate se décolore petit à petit, pendant que la partie de la colonne de gélatine immédiatement en contact se colore de plus en plus et seulement sur une hauteur assez petite : un demi à un centimètre

deur de la pénétration. Dans une expérience nous avons tout au plus. Le temps n'augmente pas beaucoup la profondeur, laissé passer le courant pendant vingt-quatre heures, sans que la pénétration ait dépassé 1 centimètre de profondeur dans la gélatine. Il se forme, en effet, là où l'ion permanganique pénètre, une sorte de membrane qui empêche la pénétration plus avancée. Si après avoir cessé l'expérience on recueille avec précaution la petite colonne de gélatine colorée par l'ion permanganique, qu'on la mette dans un tube avec de l'eau un peu chaude, on sépare la gélatine du précipité et on constate que le précipité est formé par du bioxyde de manganèse. »

« Dans les expériences avec le sulfate de cuivre, on constate, au bout de plusieurs heures, du côté positif, un anneau bleuâtre d'à peu près un centimètre de hauteur, indiquant que du cuivre a pénétré à un centimètre de profondeur dans la colonne de gélatine du côté positif, mais que là, ayant rencontré l'ion chlore, il s'est formé du chlorure de cuivre, dès que ce courant a cessé ; en d'autres termes, si la gélatine avait été un corps vivant ayant une circulation capable d'entraîner au loin les produits formés, il n'aurait pas enlevé du côté de l'électrode positive du sulfate de cuivre, mais du chlorure cuivrique. »

« L'expérience faite avec l'acétate de fer n'a permis de déceler presque aucun passage. Il y a simplement formation d'une espèce de croûte très mince, colorée au niveau de la surface libre de la gélatine du côté positif. »

« La méthode que nous avons employée permet donc d'étudier d'une façon rigoureuse le passage des ions à travers des colloïdes contenant du chlorure de sodium et permet, beaucoup mieux que des expériences sur des animaux vi-

vants, l'interprétation des phénomènes qu'on observe lorsqu'on croit obtenir la pénétration de certaines substances au moyen du courant électrique. »

« Il résulte de ces expériences que, lorsqu'on applique une cathode, imprégnée de permanganate de potasse sur une peau, ce qui passe dans la peau ne va pas à une grande profondeur, puisqu'il faut 24 heures pour avoir une pénétration de un centimètre, et, de plus, que ce n'est pas du tout l'ion permanganique qu'on y trouve ou même du permanganate de soude résultant de la combinaison de l'ion permanganique avec l'ion sodium, qui se trouve libéré dans la peau par le courant. »

« Ce qu'on trouve dans la peau, c'est du bioxyde de manganèse, qui forme précipité et colore les tissus. Si on applique une anode en sulfate de cuivre, ce qu'on trouve dans les tissus et ce qui peut être absorbé n'est pas du sulfate de cuivre, mais du chlorure cuivrique, et encore la pénétration est très lente. »

Non seulement l'expérience l'Iscovesco et Matza démontre l'impossibilité d'une pénétration directe dans la profondeur, même après une action très prolongée, mais elle appuie encore les assertions précédemment émises sur la transformation et la fixation des ions dès les couches superficielles. La seule objection qu'on puisse faire, c'est que la complexité de l'organisme ne permette pas de tabler sur les résultats tirés d'un schéma. Il faudrait étudier des coupes de peau, dans lesquelles on décèlerait l'état et la profondeur des substances électriquement introduites.

Th. Tuffier et A. Mauté, se sont livrés à ces intéressantes recherches. Il me paraît utile de les citer :

« L'étude histologique des tissus permet de supposer que

dans certains cas au moins, les effets locaux du médicament diffèrent suivant qu'il est introduit à l'aide du courant ou par injection sous-cutanée. Il est en tout cas intéressant de faire remarquer qu'avec la même matière colorante, on peut obtenir des actions différentes sur les protoplasmas cellulaires suivant l'un ou l'autre mode d'introduction. C'est ainsi que si l'on fait une injection sous-cutanée d'une solution à 1 pour 100 de trypanroth, une partie de cette couleur se fixe localement dans les tissus et donne une coloration rouge uniforme de tous les éléments anatomiques de l'épiderme et du derme. »

« Au contraire, introduite à l'aide du courant, la matière colorante se fixe sur les cellules du derme sous forme de granulations rouges irrégulières, ressemblant aux granulations leucocytaires, de telle sorte que le tissu conjonctif dans la préparation apparaît comme une bourre de matzellen, qui auraient été colorées par le bleu polychrome. »

« Quelles que soient la concentration de la solution employée et l'intensité électrique, les médicaments nous ont paru rester dans la peau, où ils sont absorbés plus ou moins rapidement, (la distribution de la matière colorante est la même sur les biopsies faites vingt-quatre heures après la séance); en tous cas, jamais nous n'avons pu les rencontrer dans la profondeur des tissus, ni même les voir atteindre le tissu cellulaire sous-cutané. C'est ainsi que si nous introduisons à travers la peau l'ion salicylique après avoir injecté dans le tissu cellulaire sous-jacent une solution de perchlorure de fer, nous trouvons la réaction caractéristique dans les couches superficielles du derme sous forme de gros points noirs qui tendent à se rejoindre. Mais ni le tissu cellulaire sous-cutané, ni le muscle sous-jacent ne présentent la réac-

tion qui se fait, au contraire, instantanément dans les tissus si l'on vient à les toucher avec une parcelle d'une solution très diluée d'acide salicylique. »

« Il semble, d'ailleurs, qu'avec une épaisseur constante la pénétration soit plus facile dans les diverses parties d'un même tissu qu'à travers les parties constituantes de deux tissus juxtaposés. »

« Il résulte de ces constatations : 1° que les médicaments peuvent être introduits à l'aide du courant continu à travers la peau saine, où ils sont absorbés plus ou moins rapidement ; 2° qu'ils semblent pouvoir former dans les protoplasmas cellulaires des combinaisons plus ou moins solubles et différentes de celles qu'ils présentent lorsqu'ils sont introduits par la voie sous-cutanée ; 3° que leur pénétration paraît rester superficielle. »

Ces résultats obtenus par Iscovesco et Matza, Th. Tuffier et A. Mauté, confirment ce que nous avons déduit du raisonnement seul. Les médicaments par électrolyse ont un champ d'action local qui ne dépasse pas quelques millimètres au-dessous des tissus de revêtement. L. Jones, qui obtint de si brillants résultats dans le traitement de l'épithélioma par l'ion zinc, le reconnaît lui-même. Il n'aurait pas été nécessaire d'y revenir, si quelques obscurités ne favorisaient des interprétations erronées.

Les expériences de Th. Tuffier et A. Mauté, attirent à nouveau l'attention sur les combinaisons intracellulaires des ions avec les plasmas. Il en résulte une fixation solide des corpuscules médicamenteux : de ce fait, leurs vertus pharmacodynamiques sont exaltées ; ils ne s'éliminent que lentement, et leurs propriétés restent longtemps manifestes. C'est grâce à cette parfaite utilisation des matériaux intro-

duits qu'une quantité minime d'agent actif produit des effets considérables.

Destot (1895), a montré que 0 gr. 005 de lithine injecté sous la peau apparaît dans l'urine une heure après et disparaît au bout de deux heures ; la lithine introduite électrolytiquement se montre seulement au bout de vingt-quatre heures, et met quatre jours pour s'éliminer.

En somme, la plupart des radicaux électrolytiques subissent sur la peau des fixations comparables aux phénomènes de filtration.

Ne sait-on pas que dans les bassins filtrants d'Ivry, par exemple, les impuretés s'arrêtent aux premières couches de sable pour ne les dépasser que très lentement après un long travail.

Il en est de même des rayons X qui épuisent leur action presque uniquement dans les premiers centimètres traversés.

Il semble vraiment que, toute question d'absorption spontanée et physiologique mise à part, le tégument externe soit une merveilleuse cuirasse. Il protège les viscères et les appareils contre toutes les tentatives d'effraction même les plus astucieusement imaginées.

On retrouve bien les ions dans les humeurs ; on les décèle aussi dans l'urine parce que la circulation générale les y a déposés. Ce n'est pas une preuve d'une pénétration directe. Je considère donc comme suffisamment discutée toute cette question de profondeur.

Je pense inutile aussi de discuter la quantité de substance introduite qui, par centimètre carré d'électrode, doit osciller autour de fraction de milligrammes, quelle que soit la durée de l'expérience. Aucun calcul simple n'est capable de s'appliquer à la détermination de cette quantité, les lois de

Faraday concernant seulement le cas des électrolytes théoriques des physiciens. Vouloir mettre ici des formules mathématiques, c'est oublier les facteurs innombrables des actions physiologiques.

Ici comme dans presque toute la médecine appliquée, la déduction algébrique est trop simple. Seule, l'observation peut conduire à des conclusions conformes à la réalité des faits.

Autres actions inséparables de l'électrolyse médicamenteuse

Le propre de toute science est la généralisation qui conduit à la découverte de la loi. On nous apprend en médecine qu'il est dangereux de faire des généralisations hâtives. L'observateur ne peut pas perdre de vue sans s'égarer le précepte de Descartes : *Faire partout des dénombrements si entiers, et des revues si générales, que je fusse assuré de ne rien omettre.* »

Les faits sont donc la cheville ouvrière autour de laquelle tournent les théories. Or, si j'ai paru, jusqu'à présent, limiter l'action de la médication électrolytique, je trouve, en faisant une revue des publications sincères, une foule de résultats heureux dûs à la méthode dont je m'occupe. Ils ne sont pas discutables. Leur interprétation nous échapperait parfois si nous n'envisagions d'autres actions concomitantes de l'électrolyse animale.

Je voudrais avoir le mérite d'essayer une vue d'ensemble sur cette difficile question. Je crains, toutefois, de rester incomplet, car je marche sur un terrain neuf et je regrette de n'avoir plus la main de mes devanciers pour me soutenir et me guider.

TEMPÉRATURE

Le courant électrique continu traumatise les tissus qu'il traverse. Il dégage une quantité de chaleur à la vérité très

faible avec les intensités employées en thérapeutique. Mais la sensibilité cellulaire n'est pas indifférente à ces petites variations thermiques.

Sans proposer d'appliquer ici la formule de Joule, d'après laquelle la quantité de chaleur développée est proportionnelle à la résistance du circuit, au carré de l'intensité du courant, et à la durée de l'expérience, je me contente d'insister sur cette évolution de l'énergie électrique vers l'énergie calorifique.

L'équilibre thermique est également ébranlé, au niveau de la région en traitement, par les actions chimiques sur lesquelles j'ai si longuement insisté dans le paragraphe précédent. Je reviendrai dans un instant sur ces effets calorifiques qui superposent leur action aux suivantes.

OSMOSE.

Les réactions chimiques qui transforment les molécules modifient la concentration dans l'enceinte cellulaire.

Tout changement du nombre des molécules s'accompagne d'une variation de la pression osmotique.

A travers la membrane d'enveloppe de la cellule des courants de diffusion prennent ainsi naissance. Au contact des capillaires, la pression osmotique ne peut varier à cause du courant sanguin ; les cellules ne sont plus isotoniques avec le contenu des vaisseaux, d'où, échange non seulement d'eau, mais encore de matériaux dissous.

CONDUCTIBILITÉ NERVEUSE

Le courant électrique continu en plus des cellules et des vaisseaux influence les filets nerveux, si richement, comme

l'a rappelé L. Jacquet, distribué aux téguments. Les fibres avec ou sans myéline deviennent le siège d'échanges chimiques homologues des échanges cellulaires ci-dessus mentionnés.

Cette action trophique est moins importante que les modifications du fonctionnement nerveux lui-même. Quand on applique des électrodes sur un tronc moteur ou sensitif on change son état normal de conductibilité. On désigne cette particularité par le nom d'électrotonus. Les fibres nerveuses gagnant les cellules glandulaires, vasculaires, etc..., sont donc troublées dans la transmission de l'influx élaboré dans les centres nerveux. Les fibres sensitives sont excitées, témoin ce goût métallique spécial, lorsque les électrodes avoisinent la cavité buccale. Ces modifications de l'équilibre nerveux persistent quelque temps après la fin de l'expérience.

A l'action électrotonique du courant continu il faut encore ajouter celle des acides et des bases dégagées aux électrodes. Les nerfs y sont extrêmement sensibles, ainsi qu'aux variations thermiques les plus faibles.

PHÉNOMÈNES VASO-MOTEURS.

Actions thermiques, osmotiques, nerveuses, concourent à produire des phénomènes vaso-moteurs. Il suffit de lever l'électrode placée sur la peau pour s'en convaincre: on voit une coloration érythémateuse des téguments, signature des modifications vaso-motrices.

La physiologie démontre leur importance. Les sécrétions, la nutrition sont, en partie, sous leur dépendance.

La pathologie met mieux encore en lumière la valeur de

la circulation : Les gangrènes, les inflammations ne peuvent se comprendre, si l'on ne fait la part de l'irrigation.

Récemment, une méthode thérapeutique s'est basée tout entière sur les phénomènes de stase vasculaire, et la bande de Bier compte à son actif des guérisons non douteuses.

Traumatisme nerveux, traumatisme vasculaire, voilà déjà tout le pivot de la vie ébranlé dans les tissus traversés par le fluide électrique. Son action devient de moins en moins mystérieuse à la lumière de ces considérations dont le fondement scientifique paraît suffisant.

Il en est d'autres encore qui, plus hypothétiques, me paraissent à signaler.

Diastases

A la base de la biologie se rencontrent des actions presque particulières à la vie. Ce sont des fermentations en rapport avec des diastases. Elles ont un rôle dans la digestion, dans la défense, et l'évolution ultérieure de l'élément cellulaire. De par tout ce que nous venons de voir, il est logique de supposer une variation dans la production des diastases cellulaires, une altération dans l'action des ferments. Voilà donc encore l'état actuel et l'état futur de l'organisme touché par cette oscillation.

Colloïdes

Il est prématuré de mettre le pied sur le terrain si neuf des rapports de la vie avec l'état colloïdal de la matière. Pour le moment, il faut attendre la complète mise au point de cette question. Je ne puis que découvrir un horizon très

vaste, mais troublant comme l'infini, en parlant des rapports de l'électricité avec les colloïdes vivants. Cette notion semble, en effet, dominer toute leur histoire et peut-être celle de la vie tout entière.

Véritablement, l'état permanent du courant électrique, pendant l'introduction médicamenteuse et à côté d'elle, possède d'autres propriétés : petits facteurs, dont chacun remplit un rôle peut-être modeste, mais dont l'ensemble est d'une puissance sur laquelle j'attire l'attention.

Enfin, sur le théâtre de ces actions et réactions, ne peut-on voir se réaliser un procédé thérapeutique ancien mais non douteux ? J'ai parlé de la révulsion locale.

QUATRIÈME PARTIE

Vue d'ensemble : Electrolyse médicamenteuse, Courant continu Electrolyse destructive

Avant d'aborder les généralités, il est utile de revenir sur les preuves de l'introduction électrolytique.

La présence dans les urines et les humeurs des corps placés sous les électrodes laisse subsister une objection. Normalement, en effet, la peau, surtout après décapage, est plus ou moins perméable aux solutions qui la baignent. Pour établir d'une façon irréfutable la part du courant continu dans l'introduction observée, il faudrait des expériences logiquement conduites.

Lauret avait déjà satisfait à cette nécessité: après avoir retrouvé des iodures dans les urines des sujets sur la peau desquels il électrolysait de l'iodure de potassium, il fit une contre épreuve en écartant toute intervention électrique, il ne put, cette fois, déceler d'iode dans les urines.

G. Maingot a ménagé de même la part de l'élément psychique dans ses études sur l'électro-cocaïnisation de la pituitaire. Après avoir disposé le matériel pour l'introduction électrique de la cocaïne il abordait chirurgicalement des éperons de la cloison du nez. Il a eu la chance de rencontrer

des sujets nécessitant des interventions réitérées. Toutes choses égales, d'ailleurs, et à l'insu du sujet, il a tantôt fermé le circuit sur les électrodes, tantôt au contraire, évité toute électrolyse dans l'application de la cocaïne. *Avec électrisation, l'analgésie se montrait toujours plus intense et plus étendue.*

Maintenant, je vais interpréter les faits dont l'explication ne se fonde pas exclusivement sur les notions de la pénétration diadermique médicamenteuse.

Il ne faut pas oublier que l'introduction électrique des médicaments est une chose complexe. Les combinaisons des protoplasmas avec les radicaux électrolytiques modifient les propriétés thérapeutiques de l'agent choisi : elles exaltent son action et la rendent durable en formant des composés stables pour un temps, actifs par constitution. Puis, à côté de ces propriétés pharmacodynamiques, viennent jouer tous les facteurs dévoilés dans le précédent chapitre.

Ces diverses considérations forment un ensemble dont l'oubli serait aussi fâcheux que la négation même de la pénétration diadermique au moyen de l'électricité. Rationnellement prévus, rigoureusement démontrés pour la plupart, ces phénomènes ne peuvent plus être mis en doute.

Dans les lésions superficielles, très sensibles à l'agent thérapeutique, point n'est besoin de chercher autre chose que les données de la théorie actuellement admise, touchant l'électrolyse médicamenteuse.

Mais parfois les désordres anatomo-pathologiques ont un siège sous-tégumentaire. Or, la pénétration diadermique se limite à la peau. C'est ce qui se présente, par exemple, dans les arthropathies traitées par « l'ion salicylique ».

Je ne veux pas dire, que l'acide salicylique voyageant à

travers le derme, n'ait absolument aucune action sur l'arthrite sous-jacente. Il y a lieu de penser qu'il agit comme s'il dérivait d'une pommade au salicylate de méthyle, répandue autour de la jointure.

Je ne crois pas que la quantité d'acide salicylique apportée par le courant électrique soit même notablement supérieure à celle abandonnée dans la profondeur, par la pommade, telle qu'on l'emploie généralement.

D'où vient donc la supériorité d'action de l'électrolyse salicylique, si nettement démontrée par la clinique. C'est qu'interviennent puissamment les propriétés du courant continu, sur lesquelles je viens de m'étendre en terminant le précédent chapitre.

Au siège du mal, où l'on ne rencontre aucun agent pharmacodynamique, il y a des lignes de forces électriques. En passant par le foyer morbide, elles occasionnent des modifications chimiques : elles font de l'électrolyse au sens le plus général du mot. Ainsi, elles produisent des modifications chimiques, dont apparaissent comme corollaire, les actions thermiques, osmotiques, nerveuses, vasomotrices, etc., que nous connaissons.

Ces réactions surtout physiologiques sont la réponse des tissus aux excitations physico-chimiques dépendant de l'électricité qui les traverse : *ce sont des actions secondaires.*

En électrothérapie, elles demeurent la raison d'être des propriétés de la galvanisation. Ainsi, nous arrivons à cette conclusion que toute électrolyse médicamenteuse est une galvanisation faite avec des électrodes électrolytes. A la superficie de l'organisme, les phénomènes de la pénétration diadermique peuvent dominer la scène, mais derrière leur champ d'action la galvanisation tient le tout premier rang.

Par un coup d'œil jeté sur l'électrolyse destructive, troisième mode d'action du courant continu, on voit bien encore comment s'établissent les rapports des actions physico-chimiques *primitives* avec les réactions physiologiques que j'appelle *secondaires*.

Au-delà de quelques milliampères par centimètre carré d'électrode, les décompositions électrolytiques passent au premier plan et masquent toutes les autres parties du tableau ; l'édifice cellulaire est disloqué, les tissus vont être désagrégés et le résultat final se traduit par une élimination nécrotique des parties traumatisées.

Cette fois, l'électrolyse a agi par elle-même, sans emprunter le détour des réactions physiologiques ; elle n'a plus été que destructive. A ce titre et sous cette forme, elle est utilisée pour la dépilation, pour la cure de certaines tumeurs, de certaines malformations congénitales, etc.

Les trois modes d'application de l'état permanent du courant, *l'électrolyse destructive*, *la galvanisation*, *l'électrolyse introductive*, n'ont qu'une même cause première d'action. Elles dépendent toutes les trois des propriétés de l'électricité parcourant les électrolytes.

Seules des différences d'intensité du courant séparent l'électrolyse destructive de la galvanisation. C'est une question de densité électrique (1). La densité électrique est-elle grande, les réactions chimiques sont si intenses que les tissus se nécrosent, les actions *secondaires* (nerveuses, vasculaires, etc...) s'effacent. Est-elle faible,

(1) La densité électrique est le rapport de l'intensité du courant à la surface qu'il traverse. Elle exprime la quantité d'électricité qui passe par l'unité de surface.

ces actions secondaires passent au premier plan ; et, si les électrodes sont des électrolytes, les substances qui les constituent diffusent et superposent aux autres facteurs leur action propre.

Somme toute, en principe, pas de différence entre les trois modes d'application de l'état permanent du courant. Ce serait faire œuvre artificielle que de ne pas les confondre dans un même chapitre de théorie. Toutes ces modalités thérapeutiques justifieraient le nom de thérapeutique électrolytique.

En pratique toutefois, il est commode de distinguer de l'électrolyse dont la technique est un peu spéciale, la galvanisation et la méthode qu je critique.

Certains auteurs ont désigné par « *ionisation* », la mise en œuvre de l'électricité, pour baigner les tissus de médicaments spécialement choisis : ce terme rattache au passage du courant la dissociation corpusculaire dans une solution. Sans erreur on ne peut ainsi envisager cette hypothèse : Les ions prennent naissance au moment même où la molécule se dissout. J'ai montré qu'ils servent de véhicule au courant électrique : ils sont la cause de son passage et non sa conséquence.

Si l'on veut désigner d'une façon spéciale l'introduction médicamenteuse électrolytique, il conviendrait d'employer une expression rappelant à la fois le moyen employé et le but atteint, tel que le terme : *Electrolyse introductive*.

« Ionisation », « thérapeutique par les ions », à vrai dire, c'est presque toute la thérapeutique médicamenteuse qui se rattache à ces expressions. Elle n'implique pas l'idée de méthode électrothérapeutique : Poussées par une voie quelconque dans le milieu intérieur, grâce à leur fragmentation

corpusculaire, la plupart des solutions médicamenteuses influencent les cellules. Il faut que les molécules se dissocient pour entrer en réaction et les ions apparaissent comme un intermédiaire dans les doubles décompositions des médicaments et des plasmas.

« Les actions chimiques et, par suite, les actions toxiques, antiseptiques et médicamenteuses des substances électrolytiques, dit Leduc, ce sont presque exclusivement des actions ioniques... »

« Les propriétés toxiques et pharmacologiques dépendent essentiellement des groupements ioniques, ce n'est ni l'atome, ni la molécule, c'est l'ion, le groupement à connaître pour le médecin. »

CONCLUSIONS

I. — L'introduction électrique des médicaments a commencé par une période d'empirisme. Les premiers expérimentateurs se sont adressés aux effets statiques de l'électricité. Leurs résultats merveilleux dans la littérature deviennent, devant la critique, d'une authenticité douteuse.

Au commencement du XIX^e siècle, l'emploi du courant continu permet de poser les bases d'une technique rationnelle. Un demi-siècle plus tard les théories se font jour : la première en date attribue à l'électricité le pouvoir de transporter sans décomposition les substances qu'elle traverse : c'est la cataphorèse.

Les notions des décompositions moléculaires des substances dissoutes, les phénomènes de l'électrolyse, dernièrement viennent éclairer la question d'une lueur inattendue.

II. — Ainsi démontrée, ainsi rationnellement expliquée, la pénétration diadermique entre dans une phase d'application clinique.

Le traitement des lésions superficielles en bénéficie largement.

Des affections plus profondes donnent encore à la méthode une abondante moisson de résultats.

Enfin, à côté des voies digestives, pulmonaires, hypodermiques, apparaît un nouveau moyen de dispenser des agents pharmaco-dynamiques dans la circulation générale.

III. — Il était intéressant de pénétrer dans le mécanisme intime de cette thérapeutique, et d'élucider quelques obscurités : les unes concernent des questions de théorie pure, les autres l'interprétation des faits cliniques.

Dans le domaine de la théorie, la cataphorèse s'efface devant l'étude approfondie de l'électrolyse en biologie. Toutefois, cette même étude amène à des conclusions imprévues :

Les substances introduites ne pénètrent jamais profondément. Tantôt elles se combinent avec les plasmas cellulaires lors même de la traversée du tégument externe ; elles se détruisent sur place, d'où limitation de leur progression. Tantôt, sans affinité pour les milieux qu'ils parcourent, les radicaux électrolytiques tombent dans les espaces circulatoires : ils sont entraînés bien au-delà du champ d'introduction.

Les faits cliniques sont faciles à interpréter quand il s'agit de lésions superficielles.

Si les désordres anatomo-pathologiques sont profondément situés, l'introduction médicamenteuse électrolytique à elle seule reste impuissante, parce qu'elle est incapable d'atteindre leur foyer. Les propriétés physiologiques du courant continu interviennent alors puissamment : l'état permanent du courant produit des effets *thermiques* ; il modifie la *pression osmotique* du protoplasma ; il agit sur la *transmission de l'influx nerveux*. Des phénomènes vaso-moteurs apparaissent. La sécrétion des *diastases cellulaires* et les *colloïdes des tissus* sont influencés. Enfin, le théâtre de ces actions et réactions multiples est le siège d'une *révulsion localisée* plus ou moins intense.

IV. — On le voit, il est juste de faire une large part à l'ancienne galvanisation des électrothérapeutes dans l'interprétation des faits mis trop exclusivement sur le compte de l'électrolyse médicamenteuse. Le pivot autour duquel roule toutes ces actions, c'est bien l'électrolyse au sens le plus général du mot.

Suivant la densité électrique, les effets chimiques prédominent et se manifestent par une destruction nécrotique. Si la densité électrique est relativement faible, le traumatisme cellulaire s'efface devant des actions secondaires moins bruyantes. L'introduction médicamenteuse n'est, au milieu de tout cela, qu'une question de solubilité des électrodes. En se plaçant au point de vue théorique, on ne saurait, sans faire œuvre artificielle, séparer l'électrolyse destructive, la galvanisation et l'électrolyse introductive. Les exigences de la pratique autorisent seules une distinction entre ces trois phases d'une même action.

La méthode que j'ai critiquée et précisée porterait à propos le nom d'*électrolyse introductive*. Il serait regrettable de la désigner du nom d'*ionisation*, qui consacre une erreur scientifique. Les ions sont la caractéristique des électrolytes; ils préexistent au passage du courant; ils en sont la cause et non la conséquence. L'expression thérapeutique par les ions ne comporte pas l'idée de méthode électro-thérapeutique; bien au contraire, elle embrasserait presque toute la thérapeutique chimique, la plupart des médicaments agissant grâce à des dissociations moléculaires.

BIBLIOGRAPHIE

APREGO FEDERICO, Ulcère serpig. de la plante du pied guéri par l'électrol. et la galv.-caut., *Cronica med. mexicana*, n° 10, 1901.

ALTHANS. *Applications pratiques de l'électricité*, 1876.

AMERICAN ELECTROTHER. ASSOCIATION. *Ménorragie et son trait. par le cour. galv. avec élect. d'arg. posit. intra-utér.*, 1899.

ARRHÉMUS. *Electrolyse et ionisation*, Cong. intern. de Phys., 1900.

D'ARSONVAL. La mort dans les tissus due à l'électrol., *Bull. de la soc. de biol.*, tome XI, 1894.

AUBERT. L'électricité et l'absorption cutanée, *Lyon méd.*, 1892.

AUBERT. *Société nationale de méd. de Lyon*, 1895.

BABINSKI et DELHERME. *Cour. continu dans la névral. du trij.*, *Société de Neurol.*, 3 mai 1906.

BABINSKI. Trait. de la névral. faciale par la galv., *Bull. méd.*, 26 mai 1906.

BALTHAZARD. Brûlures par l'électricité, *Arch. d'él. méd.*, février 1907.

BALZER. Sclérodermie chez une petite fille; guér. par l'électrol., *Soc. franç. de derm. et de syph.*, 2 mai 1901.

BARDET. *Traité élém. et prat. d'élect. méd.*, 1884.

BARDET. Recherches sur l'électrol. et le transfert des méd. à travers l'organ. par le cour. élect., *Bull. gén. de thérap.*, 1885.

BEQUEREL (A.-C.). *Traité de l'électricité et du magnétisme*, 1834.

BEQUEREL (Alph.). *Traité des applications de l'élect. à la thérap. méd. et chir.*, 1857.

BEER. Electricische Iod-Durchl., *Schmidt's Jahrbücher*, 1871.

BELLEMANNIÈRE. Nouvel appareil pour l'électrol. de l'urètre. *Cong. ital. d'él. et de rad. méd.*, Milan, 1906.

BERGONIÉ. *Traité. élect. des angiomes graves*.

BERGONIÉ et C. ROQUES. L'électrol. des salicyl. comme moyen de pénétration de l'ion salicyl. en thérap. locale, *Soc. de biologie*, 3 mars 1903.

BERGONIÉ et C. ROQUES. L'élect. des salicyl. comme moyen de pénétr. de l'ion salicyl. en thérap., *Archiv. d'él. méd.*, 1906.

BERGONIÉ et BOURSIER. Trait. élect. des fibromes utér., *Arch. d'él. méd.*, 1906.

BERGONIÉ et MOURE. Du trait. par l'électrol. des déviations et épérons de la cloison du nez, *Arch. d'él. méd.*, 1906.

BETTON MASSEY. La valeur de la cataphorèse dans le trait. du cancer, *Cong. de New-York*, sept. 1900.

BETTON MASSEY. Observ. ayant rapport au trait. du cancer par la cataph., *Cong. de l'amer. élect.-thérap. assoc.*, sept. 1902.

BLONDEL. *Comm. à l'Acad. de méd.*, 1885.

BOCCOLARI et MAUZIERI. Nuove exp. di cataphoresi terap. *Revista clinica*, 1888.

BOISSEAU DU ROCHER. Trait. des mal. de l'utér. par l'onychl. d'Ag. obtenu par voie d'électrol., *Presse méd.*, 6 février 1897.

BOISSEAU DU ROCHER. Tub. gangl. guérie par le brôme et ses dérivés, obtenus par voie d'électrol., *Sociétés savantes*, déc. 1876.

BORDET (d'Alger). Trait. du rhum. art. aigu par l'ionio. salicyl., *Arch. des lab. des Hôp. d'Alger*, fasc. IV, juin 1906.

BORDIER. Confirmation de la théorie du transport des ions à travers les tissus A. F. A. S., *Cong. de Paris*, 1900.

BORDIER. Résultats cliniques du trait. par l'électrol. circ. des rét. de l'urètre, A. F. A. S., *Congrès de Paris*, 1900.

BORDIER. Sur le choix du métal à employer pour les électrodes A. F. A. S., *Cong. Ajaccio*, oct. 1901.

BORDIER et GILET. Electrol. des tissus animaux et des liq. de l'organ., A. F. A. S., *Cong. Ajaccio*, 1901.

BORDIER et NOGIER. Effet produit sur le cour. induit d'une bobine par un électrol. placé en dérivation sur la source primaire, *Cong. Ajaccio*, 1901.

BORDIER et GILET. Modif. apportée par l'électrol. dans la résist. élect. des tissus organ., A. F. A. S., *Cong. de Montauban*, 1902.

BORDIER et ROUCH. Exp. sur les phén. d'entrain. et le transp. des ions par l'électr. statique, A. F. A. S., *Cong. de Cherbourg*, 1905.

BORDIER. Rapport sur le trait. par l'électrol. des ret. en général, et de ceux du canal de l'urètre en part., *Arch. d'él. méd.*, 1906.

BORNTAU. L'élect. dans ses applic. à la méd. et à la biologie.

BOUCHOT et LEDUC. Etude des actions physiol. de quelques ions et en part. de l'ion adrénaline, A. F. A. S., *Cong. d'Angers*, 1903.

BOULAY (de Paris). et BOULAY (de Rennes). Rétréc. laryngé traité par l'électrol. chez un malade porteur d'une canule trachéale depuis 16 ans, *Arch. d'él. méd.*, 1900.

BRANLY (E.). Sur l'électrolyse des tissus animaux. *Acad. des Sciences*, 3 juin 1901.

BRISSAUD. *Mercredi médical*, 7 janvier 1891.

BRONDEL. *Bulletin gén. de thérap.*, page 521, 1885.

BRÜCKNER. Ueber die Einf. des Iodes v. erm. elect. Stroöme, *Berlin. Kl. Wochens.*, 1870.

BRUNS. Galvano-chirurgie, *Tuburgen*, 1870.

BRUNS. V. *Chirurgisches Heilmittel-lehre*, 1873.

CAPTAN. La dilatation électrol. de l'urètre, *Méd. mod.*, 6 janvier 1901.

CANNADY (G.). Trait. de l'épithélioma par les cour. galv. *The Virginia m. S.-M.*, décembre 1897.

CHARPENTIER. Sur le transp. électrol. de certains ions dans la gélatine, *Acad. des Sciences*, 29 juin 1903.

COHEN (A.). Sur l'électrostenolyse, *Journ. de phys.*, mai 1899.

COPPEZ (H.). Trait. de la conj. granul. par l'électrol. combinée au subl. et au jéquirity, *Congrès int. d'ophthalmol.*, Utrecht, 1899.

CORNING. *N.-Y. med. Journ.*, 6 novembre 1886.

COURTADE. Des névralg. vésico-mét. et de leur trait. électrol., *Presse méd.*, 17 octobre 1906.

DAGAIL. Contrib. au trait. de l'ozène par l'électrol. métall., *Thèse de Paris*, 1899.

DEBEDAT. *Trait. des verrues par l'électrolyse.*

DELHERME. Trait. de l'arth. blenn. à la période aiguë, infl. et fébr. par le cour. continu, *Arch. d'él. méd.*, février 1903.

DESCHAMPS (de Rennes). Du danger de l'introd. électrol. dans les arthrites chez les tub., *Cong. de Boulogne*, 1899.

DESFOSSÉS (P.) et MARTINET (A.). L'ion salicylique, *Presse méd.*, n° 32, 1906.

DESFOSSÉS (P.) et MARTINET (A.). Technique de la thérap. ionique, *Presse méd.*, n° 1, 1907.

DESFOSSÉS (P.) et MARTINET (A.). L'ion zinc.

DESNOS. Résultats éloignés des électrol. de l'urètre, A. F. A. S., *Cong. de Boulogne*, 1899.

DESNOS. De la dilatation électrolyt. de l'urètre, *Ann. gén. urol.*, page 1386, 1903.

DESNOS. De la dilatation électrolyt. de l'urètre, *Ann. gén. urol., ropéulique*, 15 mai 1903.

DOUMER. Critique de l'hypothèse de Hittdorf, *Ann. d'él. et de rad.*, n° 2, 1907.

DEVÈZE. Résultats de l'électrol. chez un mal, porteur d'un rétréc. de l'urètre. *Inaugural dissert.*, Berlin, 1904.

DIGNAT. Les récentes découvertes et leur influence sur l'électrothérapie.

DINEUR. Recherches sur la sensibilité des leucocytes, *Ann. de la Société des Sciences nat. et méd.*, Bruxelles, 1892.

DONGIER. — Rapport sur la résistance des électrol. Applications à la biologie, A. F. A. S., *Cong. d'Angers*, 1903.

DUBOC. Deux cas d'orchite chronique guérie par les courants continus, *Cong. d'Angers* 1903.

DUBOIS-REYMOND. Zur Theorie des äus. secund. Widers, *Monats. d. Berl. Akad.*, page 883, 1860.

DUJARDIN-BEAUMETZ. *Bull. Acad. Méd. Paris*, septembre 1885.

DUTROCHET. *L'agent immédiat du mouvement*, 1826.

DUTROCHET. *Mémoire pour servir à l'hist. nat. et physiol. des animaux et des vég.*, 1837.

EDISON. *Ueber Vers. z. Heil. gicht. Ablag. d. Amvend. elect. Siroine*, 1890.

EDISON. *Communication au Cong. intern. de Berlin*, 16 août 1890.

ENGEL. Des métaux dans le corps humain et spécial de leur extraction par l'élect., *Thèse de Nancy*, 1873.

ENGELMANN. *Archiv. n. cerl. des sciences*, tome IX, page 332, 1874.

ENSCH. Electrolyse et cataphorèse, *Arch. d'él. méd.*, octobre 1903.

EHRMANN. *Wien. med. Wech.*, 28 novembre 1889.

EHRMANN. *Ueber einen Versuch zu dem, welch. Weg. gel. Stoffe beim Eind. d'elect. Kathaphorese nehmen.* W. med. Wochens., 1890.

EICHBERG et VIERORDT. *Vierordt's Archiv*, 1856.

- ERB. *Traité d'électrothérapie*, 1882.
ERB. *Traduit par le docteur Rueff*, 1884.
ETIÉVANT. Résultats de l'électrol. cuprique dans le trait. de l'ozène, *Lyon Médical*, 11 mars 1900.
FABRÉ-PALAPRAT. *Archives gén. de méd.*, Paris, 1833.
FERMOND. De l'angiome de l'orbite, *Thèse de Bordeaux*, 1899.
FIEBER. *Neue Vers. ueber die Iod. Durchl. mitl. d. galvan. Stromes*. *Wien. allg. Zeit.*, numéros 21-25, 1870.
FOCKENBERGHE. De l'introd. de l'ion salicyl. dans le trait. local des arth. rhumal. *Thèse de Bordeaux*, décembre 1903.
FODERA. Recherches expér. sur l'absorption et sur l'inhalation, 1824.
FOERSTER et E. MULLER. Contrib. à l'électrol. des solutions des chlor. alcalins. *Zeits. f. elektrochemie*, tome IX, février 1903.
FORT. Electrol. linéaire dans le trait. des rétr. de l'urètre, A. F. A. S., *Cong. de Paris*, 1900.
FORT. Défense de l'électrol. linéaire, *Cong. int. d'él. et de rad. méd.*, Milan, 1906.
FOVEAU DE COURMELLES. Brevet d'invention, 22 novembre 1890.
FOVEAU DE COURMELLES. *Communication de l'Acad. de méd. sur l'électrol. médic.*, 1890.
FOVEAU DE COURMELLES. *Communication à l'Acad. des sciences*, janvier, 1891.
FOVEAU DE COURMELLES. *Electrothérapie dentaire*, 1904.
FOVEAU DE COURMELLES. *Electrolyse médic. Ions et état colloïdal. Leçon inaug. du cour. libre d'électr.*, 15 avril 1907.
FOVEAU DE COURMELLES. *Année électrique*.
FRANKENHAUSER. *Die Electroch. als med. Wissensch. Zeits. f. Electroth.*, 1889.
FRANKENHAUSEN. *Die Zeitung d. Elektr. im leb. Gewebe*, Berlin, Hirschwald, 1898.
FRANKENHAUSER. *Die Electroch. als med. Wissensch. Zeits. f. elect.*, 1900.
FRANKENHAUSER. *Die Zeitung d. Elektr. im leb. Gewebe*, Berlin.
FRÉDÉRICQ. Fibrômes et galvanocaustie, *Arch. d'él. méd.*, 1900.
FURINI (S.) et PIERINI »I PISE (P.). Sur la cataphorèse électrique, *Arch. d'él. méd.*, 1898.
GALLAMAERTS. Trait. des kératites par l'électrol., *Soc. belge d'ophl.*, novembre 1901.
GALLOIS. Trait. des rétr. de l'urètre par l'électrol., *Monde méd.*, 25 mai 1906.
GARROT. Contrib. à l'étude des angiomes. Leur trait. par l'électrolyse, *Thèse de Bordeaux* 1903.
GARTNER. *Verlauff. Mittheilung. Wien. Klin. Wochens.*, 1889.
GARTNER. *Ueber elect. med. Bäder. Wien. Klin. Wochens.*, 1889.
GAUTRELET. Des modif. qu'entraîne la suppression de la circul. dans l'électrol., *Société de biologie*, 24 mai 1907.
GAVARRET. *Traité d'électricité*, 1858.
GILES. De l'absorp. diaderm. des méd. et notam. du fer au moyen de l'électr., *Arch. d'él. méd.*, 1898.
GRANGER. Cas de cancer traité par la cataphorèse mercurielle. *New-Orléans Méd. and Surg.*, août 1904.
GRAUPNER. *Electrolyse und Katalyse*, Breslau, 1888.

GROH. Electrolyse in der Chirurgie. *Central Blatt. f. med. Wis.*, 1871.

GROYSKOPF. Un cas de polype naso-phar. traité et guéri par l'électrolyse, *Thérap. Monats.*, décembre 1899.

GUBLER. *Société de Biologie*, 1868 à 1871.

TH. GUILLOZ. Amélior. spontanée d'un angiome volum. de l'avant-bras. Trait. par l'électrol., *Société de méd. de Nancy*, 10 mai 1899.

TH. GUILLOZ. Isolement et trait. par l'électrol. d'un ang. de la paupière, etc., *Soc. de méd. de Nancy*, 26 avril 1899.

TH. GUILLOZ. Rapport sur l'électrol. et la galvan. chir., *Cong. int. d'éél. et de rad.*, Berne, septembre 1902.

TH. GUILLOZ et WEISS. De l'électrol. combinée à l'ent. dans le trait. des ang., *Soc. de méd. de Nancy*, 12 mars 1902.

GUILLEMINOT. *Electricité médicale*.

GUILLEMINOT. Trait. des rétr. de l'urètre par un procédé mixte réc. et électrol., *Arch. d'éél. méd.*, août 1906.

HACE. Deux cas d'anév. thor. et un anév. du tronc innom. traité par l'introd. d'un fil métall. et l'électrol., *Arch. d'éél. méd.*, janvier 1906.

HAIDENHAIN UND JURGENSEM. *Reich. u. Dubois-Reymond's Archiv*, 1860.

HÉBERT. *Thèse inaugurale*, Paris, 1861.

HENDELSON. Sur l'ozène et son trait. par l'électrol. cuprique interst., *Monats. f. Ohrenh.*, n° 8, 1897.

HERZOG. *Münch. med. Wochens.*, tome XXXIII, 1886.

HOLTSOFF. Trait. des rétr. de l'urètre par l'électrol., *Gazette des Hôp. de Botkine*, n° 6, 1901.

HOMOLLE. *Union médicale*, 1853.

ISCOVESCO et MATZA. Sur la pénétration ionique d'électrolytes à travers les sels colloïdes, *Soc. de Biologie*, 8 février 1907.

JASINSKI. Synovite fongueuse du genou. Cataphorèse au chlor. de zinc. *Arch. d'éél. méd.*, 1896.

JONES (L.). Trait. des verrues par l'ion magnésium, *Méd. élect. and rad.*, décembre 1906.

JONES (L.). Trait. de l'épithél. par les ions zinc, *Britisch. med. Journ.*, 16 février 1907.

KARFUNKEL. Beitrag zur Kataphorese, etc..., *Arch. f. derm. u. Syph.*, 1897.

KLENKE et HASSENSTEIN. *Trait. de la syphilis*, 1846.

KLENKE et HASSENSTEIN, *Zeits. Wien. Ärzte*, 1847.

KROHFELD. Ueber electr. Sublimat. Bäder, *Wien. med. Wochens.*, 1891.

KUERA. Sur l'ionisation produite dans diff. cas par les rayons sec. β et γ du radium, *Arch. d'éél. méd.*, mai 1906.

KUHNE. *Unters. uber das Protopl.*, Leipzig, 1864.

KUHNE. Ueber das Porret'sche Phänomen am Muskel. Reich., *Arch. Phys. Abth.*, 1864.

LABAT-LABOURDELLE. *Contrib. au trait. des adénites chroniques par le cour. continu*.

LABATUT. Transp. des ions dans les tissus organisés, *Dauphiné méd.*, 1893-1894. *Dauphiné méd.*, avril 1894 et janvier 1896.

LABATUT, JOURDANNET et PORTE. Trait. des manif. art. de la goutte et du rhum. par l'introd. électrol. du lithium, *Gaz. des Hôp.*, 1895.

LAQUERRIÈRE. Les électrodes en métaux solubles en gynéc. A. F. A. S., *Cong. de Grenoble*, 1904.

LAQUERRIÈRE. Note synthétique sur le trait. des ang. par l'élect. *Cong. int. d'élect. et de rad. méd.*, juillet 1900.

LAQUERRIÈRE. Contre-indic. au trait. élect. du fibro-myome ut., *Arch. d'élect. méd.*, février 1903.

LARAT. Rapport sur les bains hydro-élect. A. F. A. S., *Cong. de Grenoble*, 1904.

LAURET. *Thèse de Montpellier*, 1885.

LEDUC (S.). Introd. des subst. médic. dans la prof. des tissus par le cour. élect., *Cong. int. d'élect. et de rad. méd.*, Paris, juillet 1900.

LEDUC (S.). Introd. électrol. des ions ans l'organ. viv. A. F. A. S., *Cong. de Paris*, 1900.

LEDUC (S.). Trait. des névralgies par l'ion salicyl.

LEDUC (S.). Trait. des affections par le cour. continu.

LEDUC (S.). L'électrochimie médicale, A. F. A. S., *Cong. d'Ajaccio*, septembre 1901.

LEDUC (S.). Cicatrisation d'un cancroïde de l'œil et du nez datant de cinq ans, après une seule introd. électrol. de l'ion zinc., A. F. A. S., *Cong. d'Angers*, 1903.

LEDUC (S.). Influence de l'ion zinc sur la pousse des poils, A. F. A. S., *Cong. d'Angers*, 1903.

LEDUC (S.). Les ions en médecine.

LEDUC (S.). Etude sur la résistance élect. du corps humain, A. F. A. S., *Cong. de Cherbourg*, 1905.

LEDUC (S.). Guérison par trois séances d'introd. de l'ion salicyl d'un tic doul. de la face datant de trente-cinq ans.

LEDUC (S.). L'électrolyse des tissus vivants, *Rev. de thérap.*, 1^{er} novembre 1906.

LEDUC (S.). Les nouvelles théories des solutions dans leurs rapports avec la médecine, *Presse méd.*, numéros 70, 72, 74, 76, 1906.

LEDUC (S.). Les bases physiques de la vie et la biogénèse, *Arch. d'élect. méd.*, 25 février 1907.

LEUILLIEUX. Introd. électrol. du rubidium et de l'indium dans les tissus. Applic. au trait. de la goutte et du rhum. A. F. A. S. *Cong. d'Ajaccio*, 1901.

LEUILLIEUX. Emploi d'élect. liquides en clinique électrol. A. F. A. S., *Cong. de Montauban*, 1902.

LEUILLIEUX. Introd. d'ions à actions thérap. dans cert. manif. art. et nerv. de la goutte et du rhum. A. F. A. S., *Cong. d'Angers*, 1903.

LOMBROSO. Sulla cataphoresi elettrica, *Riforma medica*, 1886.

LOTINE. Trait. des aff. des voies lacrym. par l'électrol., *Rous. Vrach*, numéros 21 et 22, 1904.

LOTINE. Sur le trait. des voies lacrym. par l'élect., IX^e *Cong. des méd.*

LUZENBERGER (DE). Action de l'électrol. sur les résidus morbides et fract. osseuses des phlegmons et des myosites, et de la cataph. médic. dans les manif. de la goutte, *Giornale intern. del. scienze med.*, 31 oct. 1898.

LYNCH. Trait. du rétr. urétral par l'électrol., *Arch. d'élect. méd.*, 1900.

MAINGOT (G.). Electro-cocaïnisation de la muqueuse pituitaire. *Ann. des mal. de l'oreille et du larynx*, avril 1907.

MASIP. Electrol. cuprique dans l'ozène, *Rivista de ciencias med. de Barcelona*, 1906.

MATTENCI. Leçons sur les phén. phys. des corps vivants, 1847.

MIKAILOVITCH. Contrib. à l'étude du trait. des ang. par l'électrol., *Thèse de Genève*, 1898.

MINET. Résult. de la dilat. électrol. rap. dans les rétr. de l'urètre, *Cong. int. d'él. et de rad. méd.*, Milan, 1906.

MOITESSIER. Infl. des sels de lithium sur la solub. de l'acide urique et des urates, *Montpellier méd.*, 11 octobre 1903.

MORAN. De la valeur de l'électrol. linéaire dans le trait. des rétr. de l'urètre, *Rev. de thérap.*, février 1903.

MOREL. Etude hist., critique et exp. de l'action des cour. cont. sur le nerf acoustique à l'état sain et à l'état pathol.

MORIN. *Mémoires de la Société de phys. et d'hist. nat. de Genève*, XIII, 1854.

MORTON. La cataphorèse dans l'art dentaire, *Rev. int. d'élect. et de radioth.*, 1898.

MUNK. Ueber die galv. Einfüh. diff. Flüssig. in den unvers. lebend. Organ., *Reich. u. Dubois-Reymond's Archiv*, page 241. 1873.

NEWMAN, de New-York. Cons. prat. pour le trait. des rétr. urétraux, par l'électrol., *Journ. of electr.*, New-York, mars 1899.

NEWMAN. Emploi du cour. cont. et électrol., *Cong. de New-York*, 1900.

NOLLET (l'abbé). Recherches sur les causes part. des phén. électriques, 1753.

OETTINGER. Trait. des anév. par l'électropuncture, *Traité de méd. de Bouchard et Brissaud*.

OKER-BLOM. *Beil. z. Fest. e. phys.-chem. Grund. d. electromed.*, 1896.

ONIMUS et LEGROS. *Electricité médicale*, 1872.

OSTWALD. *Electrische Eingens. halbd. Scheid. Zeits. f. phys. chemie*, 1890.

PANSIER (P.). Trait. électrol. du xanthélasma, *Arch. d'él. méd.*, juillet 1902.

PANSIER (P.). Les cour. continus dans les iritis et les irido-choroïdites.

PANSIER (P.). Trait. électrol. du ptérygion, *Arch. d'él. méd.*, juillet 1902.

PASCHKIS. *Ueber d. d. Chlorof. aufkataph. Wege.... Neur. Central-Blatt*, n° 18, 1886.

PEARL. Studies on electrotaxis, *The Amer. Journ. of Phys.*, tome IV, 1900.

PELTZER. Vergleich. Unters. u. d. electr. Zweizel. *Bad. Therap. Mon.*, 1886.

PERRIN (J.). Examen des cond. qui déterm. le signe et la grandeur de l'osmose élect. et de l'électr. par contact, *Acad. des sciences*, 8 juin 1903.

PHILIP. Un cas d'électrol. profes. de la langue, *Journ. de méd. de Bordeaux*, 6 janvier 1907.

PLOWMAN (A.-B.). Végétation dans un sel ionisé, *Phys. Zeits.*, tome IV, 1903.

PONT. Cataphorèse en art dentaire, *Thèse de Paris*, 1899.

PORRET. Exp. galv. curieuses, *Ann. de chimie et de phys.*, page 137, 1816.

- QUINCKE. Ueber die Fortföh. mat. Theil, d. str. Electr. Poggend., *Ann. Phys. u. Chemie*, tome CXIII, 1861.
- RABUTEAU. *Société de biologie*, 1868 à 1871.
- RAFIN. Sur la valeur de l'électrol. linéaire dans le trait. des rétr. de l'urètre, *Lyon méd.*, 17 mai 1903.
- REDARD. Sur le trait. des ang. graves par l'électrol., *Cong. int. d'élect. et de rad. méd.*, juillet 1900.
- RICE (C.). De l'emploi des électrodes solubles dans le trait. des aff. nasales et phar., *New-York méd. Journ.*, 22 décembre 1904.
- RICHARDSON. *Med. Times a. Gazette*, febr. 1859.
- ROMANO (A.). Sur la valeur de la cataph. medic. dans l'hyperthr. thyroïd., *GIIncurabili, Napoli*, page 471, 1901.
- ROMME (R.). Les ions en therap., *Presse méd.*, n° 49, 1906.
- ROQUES (C.). De l'introd. par cataphor. de l'ion salicyl. dans les art. atteintes d'arthrite, *Arch. d'él. méd.*, octobre 1903.
- ROQUES (C.). Etat actuel de la cure des rétr. par l'électrol., A. F. A. S., *Cong. d'Angers*, 1903.
- ROQUES (C.). Sur deux cas de rétréc. de l'œsophage, A. F. A. S., *Cong. de Grenoble*, 1904.
- ROSENTHAL (E.). De la cataphorèse en art dentaire.
- ROUBY. Trait. électrol. des rétr. de l'urètre, *Ther. mod. russe*, n° 9, 1901.
- SALAGHI. Imprégnation des tissus de l'organ. par des précip. électrolytiques, *Arch. de biologie*, 1^{er} mai 1904.
- SALSE (C.). L'électrol. comme auxil. pour l'extr. des corps métall. renf. dans nos tissus, *Cong. intern. d'él. et de rad. méd.*, juillet 1900.
- SAPPEY. *Anatomie*, 1877.
- SAVY. *Thèse de Lyon*, 1895.
- SCHALIT. Electrol. bipolaire dans le trait. de la conj. gran., *Thèse de Genève*, 1899.
- SCHALL. Electrol. cuprique de l'ozène essentiel, *Arch. d'él. méd.*, 1899.
- SCHATZKY, de Moscou. Quelques données concernant la nat. des ions et des molécules, *Ann. d'élect. et de rad.*, janvier 1907.
- SCHEPPEGREL. Trait. de la tub. laryngée par la cataph. interst. cuprique, *Méd. record.*, 1897.
- SELLIER et H. VERGER. Applic. de l'électrol. bipolaire à l'exp. sur les centres nerveux, A. F. A. S., *Cong. de Boulogne*, 1899.
- SLETOFF (N.) et PASTNIKOFF (P.). De l'électrol. dans le trait. des rétr. cicat. de l'œsophage, *Wralsch.*, 1901.
- SOCIÉTÉ DE MÉDECINE BERLINOISE, *Electrol. destructive combinée à l'ionisation*, 7 novembre 1906.
- SOULIER. *Traité de thérapeutique*, 1881.
- STEWART. Nouv. contr. au trait. des anév. par l'emploi comb. de la galv. et de l'introd. d'un fil métall. enroulé, *Philadelphia med. Journ.*, novembre 1898. *Journal of Phys.*, page 211, 1899.
- SULZER (D.-E.). Trait. des opacités cornéennes par les agents phys., *Arch. d'él. méd.*, 1906.
- TRIPPIER, *Manuel d'électrothérapie*, 1861.
- TROUTON. Electrol. en dehors des électrodes, *Science abstracts*, décembre 1899.
- VASTICAR. La scarification électrol. dans la couperose de la face, *Ann. de chir. et d'orthop.*, juin 1899.

VERNAY. De l'électrol. circ. dans les rétr. de l'urètre, *Arch. d'él. mod.*, 1899.

VERNAY. Trait. électrol. des rétr. de l'urètre, *Arch. d'él. méd.*, 1903.

VERNAY. Trait. des blenn. chron. par l'oxychlorure d'Ag. électrol., A. F. A. S., *Cong. de Grenoble*, 1904.

VWERORN. *Pflüger's Archiv*, tome LXII, 1890.

VIGROUX (A.). Trait. de l'arthrite aiguë blenn. et en part. par le cour. cont., *Thèse de Paris*, 1903.

VILLEMIN, *Archives de médecine*, 1863 et 1864.

VOCORET. Urines et électrolytes. Etude de leur résistivité, *Thèse de Lyon*, 1904.

YONGE. Trait. de l'ozène par l'électrol. cuprique, *Lancet*, 9 novembre 1901.

ZIMMERN. Eléments d'électrothérapie clinique, 1906.

ZIMMERN. Les ions et les médicaments ioniques, *Presse méd.*, 1906.

ZIMMERN. L'introduction électrolytique médic. aux XVIII^e et XIX^e siècles, *Presse méd.*, 13 février 1907.

WAGNER. *Wiener med. Presse*, page 212, 1886.

WALSH. Destruction des poils par les r. Röntgen combinés à l'électrol., *Lancet*, 2 novembre 1901.

WEILL. La théorie du transport des ions, et le choix de l'électrode galv. intra-utér., A. F. A. S., *Cong. de Paris*, 1900.

WESTRUMB. *Physiolog. Unters. ueb. Einsang. d. Venen*, 1825.

WHETAM. Pou. coagulant des électrolytes, *Anal. in Journ. de Phys.*, février 1900.

WHEATLAND. Diffusion de l'iode par le cour. élect., *Cong. de l'am. élect. thér. ass.*, septembre 1902.

Vu le Président de Thèse :

H. ROGER.

Vu le doyen :

DEBOVE.

Vu et permis d'imprimer

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris

L. LIARD.

